PERIODICAL
Oceanographical Society of Japan
Journal

LIBRARY
POFI
FISH & WILDLIFE
SERVICE

昭和三十年六月二十日印刷
昭和三十年六月二十五日発行

日本海洋学會誌

第11卷　第1號

内　容

頁

On a Simple Method of Estimating the Current Velocity at the Equator.....M. Tsuchiya.....(1)

北部日本海（津軽海峡西沖周辺海域）の夏期の海況について（第2報）.....赤川正臣.....(5)

海水の泡沫性の研究（第10報）海水の泡沫層内における泡粒の凝結とコロイド粒子の凝結の類似性について.....阿部友三郎.....(13)

Critical Studies on the Analytical Methods for Minor Chemical Constituents in Sea Water (Part 3).—Remarks on the Method of Estimation of Nitrate-nitrogen by Means of Reduced Strychnine Reagent.....R. Fukai.....(19)

録　事.....(25)

1955年6月

日本海洋学会
東京・文京区・弥生町・東京大学理学部地球物理学教室内

OCEANOGRAPHICAL SOCIETY OF JAPAN

President

Koji HIDAKA

Geophysical Institute, Tokyo University, Tokyo

Vice-Presidents

Kanji SUDA
Hydrographic Office, Tokyo

Michitaka UDA
Tokyo University of Fisheries, Tokyo

General Secretary

Kozo YOSHIDA

Geophysical Institute, Tokyo University, Tokyo

Editorial Board

Masito NAKANO, *Editor*

Meteorological Research Institute, Tokyo

Hiroshi NIINO, *Associate Editor*

Tokyo University of Fisheries, Tokyo

Masami KOIZUMI, *Assistant Editor*
Meteorological Research Institute, Tokyo

Takashi ICHIYE, *Assistant Editor*
Central Meteorological Observatory, Tokyo

Rinnosuke FUKAI, *Assistant Editor*
Tokai Regional Fisheries Research Laboratory

Ryuzo MARUMO, *Assistant Editor*
Central Meteorological Observatory, Tokyo

日本海洋学会誌投稿規定

1. 投稿資格。 報文の投稿者は，原則として本会々員に限る。但し会員外の協同研究者を含むことは差支えない。

2. 報文の受理。 編輯委員会が報文を受理した日を以つて受理日と定める。尚受理報文は，原則として既に公の会で講演されたもので，未印刷のものに限る。特に日本海洋学会の年会又は月例会で講演されたものであることが望ましい。原稿には講演の年月日，会名，場所を附記されたい。

報文の原稿は，東京都杉並区馬橋4ノ499の気象研究所海洋研究室内日本海洋学会誌編輯委員会宛直送のこと。

3. 報文の用語。 報文の用語は，和文（英文の要約を含む）又は欧文（原則として英語）の何れでもよい。

4. 原稿の書き方。 報文は簡潔にわかり易く書き，図表を含めて印刷頁で6頁以内（和文では400字詰原稿用紙図表を含めて約26枚以内，欧文では通常のタイプライター用紙に，ダブル・スペース・25行で図表を含めて約15枚以内）を原則とし，それを超える時は，超過分に対し相応の実費を申受ける。

原稿を書く時には，次の事項に留意されたい。

（a） 和文原稿は，原稿用紙に読み易い字体で書き，欧文原稿は，厚手の用紙にダブル・スペースでタイプすること。

（b） 報文の始めには，題名・著者名・所属機関名を明示すること。和文原稿では，之等の項目を英文でも附記すること。

（c） 和文原稿には，本文の始めに英文の要約を附すること。

（d） 図はそのまゝ版下になるように，黒インク又は墨で書くこと。図の大きさ（特に図の中の数字等）は印刷時の縮少を考慮して書くこと。

（e） 図及び表はなるべく少くしていたゞきたい。図5枚を超える場合及び特殊なものに対しては，実費を申受けることがある。

（f） 図及び表には必ず説明をつけ，和文原稿でも図表の説明は英文で書くこと。

（g） 数式は行を開けて，明瞭に書くこと。

（h） 引用文献は，報文の最後にまとめてつけ，欧文の場合には，著者のアルファベット順に並べること。

5. 編輯。 日本海洋学会誌の編輯は，編輯委員会で行う。編輯委員会は，事情により原稿中の字句の加除訂正を行い，或いは著者に請求することがある。投稿規定にしたがわない原稿は，受理しないことがある。

初校は原則として著者が行う。

6. 別刷。 別刷は報文一編につき50部を無料で著者に進呈する。これ以上の部数に対しては，実費（送料を含む）を徴収する。

On a Simple Method of Estimating the Current Velocity at the Equator*

By

Mizuki TSUCHIYA**

(Received March 31, 1955)

Abstract: A simple method calculating the ocean current velocity on or near the equator is suggested. The curvature of the isobaric surface determines the E-W component of the current velocity on the equator.

Some numerical examples are given, use being made of the data of the Japanese Hydrographic Office and U. S. Fish and Wildlife Service.

1. Introduction.

It is well known that the dynamic calculation of ocean current velocity by Helland-Hansen's formula gives a considerable accordance with the observed. This method, however, can not be applied as it stands to the equatorial regions and therefore these regions have been excluded from dynamic calculation.

Reid (1948) avoided this difficulty at the equator by differentiation of the equations of motion with respect to latitude φ. But he made discussions for the mass transport and we can not have any knowledge about the current velocity itself. On the other hand, the current velocity in the equatorial North Pacific was calculated by Yoshida et al (1953). In this case, this difficulty at $\varphi=0$ dit not occur because they took the lateral friction into the consideration. A little earlier than this, Weenink and Groen (1952) computed theoretically the surface current velocity at the very equator from the wind data. But in their results there seem to be some contradictions (Yoshida 1955).[1)]

Recently Jerlov (1953) published a report of the Swedish Deep Sea Expedition and studied the currents in the eastern parts of the equatorial Pacific. In this case, he gives the current velocity at the equator but we can not find the description of the method which he used in his report. But his method seems to me the same as described here.

Now, the author proposes a simple method of calculation of the current velocity at very low latitudes starting from the equations of the geostrophic flow.

2. Method of calculations.

We take the x-axis along the equator directed towards the east and y-axis along a meridian directed towards the north. Then equations giving the geostrophic flow are:

$$\left.\begin{aligned} \lambda u &= -\frac{\partial D}{\partial y} \\ \lambda v &= \frac{\partial D}{\partial x} \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

where u and v are the velocity components in x- and y-directions respectively, $\lambda=2\omega\sin\varphi$ is the Coriolis parameter where ω is the angular velocity of the Earth's rotation and φ the latitude and D is the geopotential distance. Equations (1) have the same meaning with the Helland-Hansen's formula. These equations fails on the equator, as due to the vanishing on denominators u and v become uncertain on the equator.

Now we can expand all quantities in equations (1) into the Taylor series with respect to y as follows,

$$u=u_0+\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_0 y+\frac{1}{2!}\left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)_0 y^2+\cdots\cdots, \qquad (2)$$

* Received Mar. 31, 1955.

** Geophysical Institute, Tokyo University.

1) K. Yoshida, personal discussions.

$$v=v_0+\left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)_0 y+\frac{1}{2!}\left(\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right)_0 y^2+\cdots\cdots, \quad (3)$$

$$\lambda=\beta_0 y+\frac{1}{3!}\left(\frac{d^2\beta}{dy^2}\right)_0 y^3+\cdots\cdots, \quad (4)$$

$$\frac{\partial D}{\partial x}=\left(\frac{\partial D}{\partial x}\right)_0+\left(\frac{\partial^2 D}{\partial x\partial y}\right)_0 y+\frac{1}{2!}\left(\frac{\partial^3 D}{\partial x\partial y^2}\right)_0 y^2+\cdots\cdots, \quad (5)$$

$$\frac{\partial D}{\partial y}=\left(\frac{\partial D}{\partial y}\right)_0+\left(\frac{\partial^2 D}{\partial y^2}\right)_0 y+\frac{1}{2!}\left(\frac{\partial^3 D}{\partial y^3}\right)_0 y^2+\cdots\cdots, \quad (6)$$

where β is the Rossby parameter defined by $\beta=\frac{d\lambda}{dy}$ and subscript $_0$ refers to the equator. After substitutions of (2), (3), (4), (5) and (6) into (1), arrangements in powers of y give

$$\left(\frac{\partial D}{\partial y}\right)_0=0, \quad (7)$$

$$\beta_0 u_0=-\left(\frac{\partial^2 D}{\partial y^2}\right)_0, \quad (8)$$

$$\left(\frac{\partial D}{\partial x}\right)_0=0, \quad (9)$$

$$v_0=0, \quad (10)$$

$$\beta_0\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_0=\frac{1}{2!}\left(\frac{\partial^3 D}{\partial y^3}\right)_0, \quad (11)$$

$$\beta_0\left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)_0=\frac{1}{2!}\left(\frac{\partial^3 D}{\partial x\partial y^2}\right)_0, \quad (12)$$

.....

The distribution of D can be easily known from oceanographic observations. Therefore the E-W component u_0 of current velocity at the equator is determined by the equation (8) and the N-S component v_0 is zero. At the same time equations (7) and (9) must be satisfied. The oceanographic data show, as described below, that these equations are fairly well satisfied in most cases. Equations (7), (8), (9) and (10) are also derived from the vorticity and the divergence equations at once by putting $\varphi=0$. The values of u and v near the equator are obtained by substitutions of higher order derivatives of u and v which are given by the equations (11), (12), ... into (2) and (3). The values, of course, are the same as those obtained from the equation (1).

3. Results.

We can now calculate u_0 from the second derivative of D. Calculated value of $\left(\frac{\partial^2 D}{\partial y^2}\right)_0$ from the observed data is quite uncertain because of the errors introduced by differentiating two times. To obtain the most reliable and objective value of $\left(\frac{\partial^2 D}{\partial y^2}\right)_0$, an objective analysis similar to that of Panofsky (1949) was made. We approximate by the polynomial

$$D=a+by+cy^2+dy^3,$$

and the coefficients a, b, c and d are determined from the observed D at several stations which lie on the same meridian by the method of least squares. Then $2c$ equals to $\left(\frac{\partial^2 D}{\partial y^2}\right)_0$.

Fig. 1 shows the distribution of $\frac{\partial D}{\partial y}$ along the meridians 172° W and 160° E. Small value of $\frac{\partial D}{\partial y}$ at the equator are recognized.

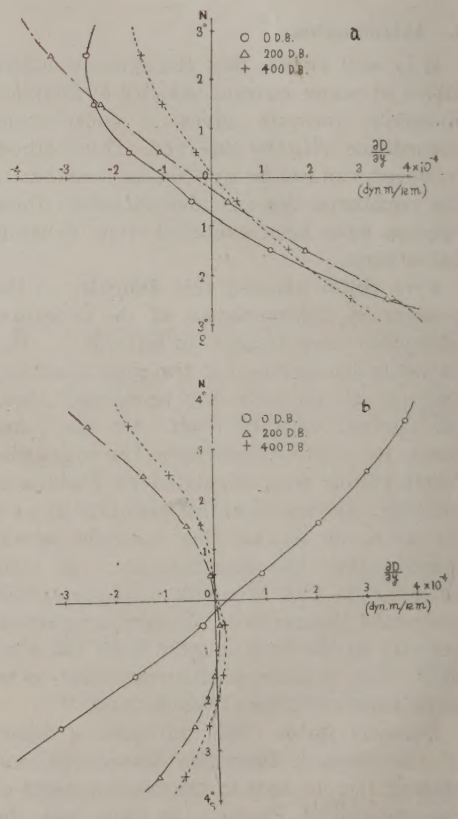


Fig. 1. Meridional gradient of the isobaric surfaces referred to 1000 D. B. surface. 0 (circle), 200 (triangle) and 400 (cross) D.B. surfaces are shown. a. 160° E-section, June, 1936. b. 172° W-section, March, 1951.

In Fig. 2 and 3 the E-W component of the current velocity thus calculated are shown. All illustrations are refer to the figures. As will be seen in Fig. 2, there are fairly strong easterly currents near the equator. In the 170° W section we notice a eastward current at the thermocline layer and below at 2° N. Whether this eastward current is the equatorial undercurrent which was reported by T. Cromwell et al (1954) or not, is not clear.

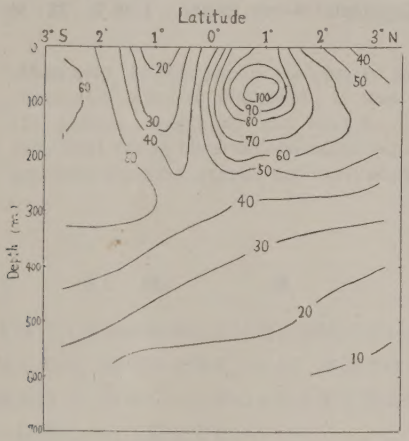


Fig. 2. E-W component of current velocity in the vertical section along 160° E, June, 1936. Unit in cm/sec and eastward positive. The reference level is the 1000 D.B. surface.

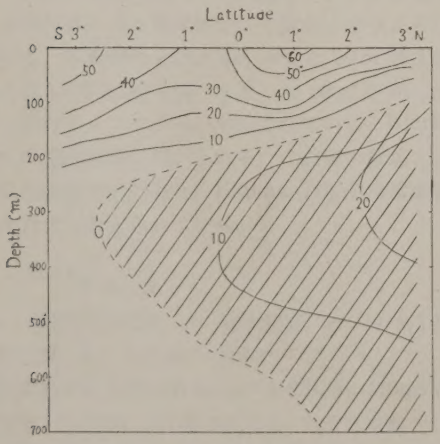


Fig. 3. E-W component of current velocity in the vertical section along 172°W, March, 1951. Unit in cm/sec. The reference level is the 1000 D.B. surface. Eastward currents hatched.

Although only two examples of calculations are shown, both of them give considerably reasonable values.

4. Conclusions.

The present method is derived under the assumption that the flow exactly on the equator is the limiting form of the geostrophic flow, i.e.

$$u_0 = -\lim_{y \to 0} \frac{\frac{\partial D}{\partial y}}{\lambda}$$

and is smoothly connected with the geostrophic flows of outer regions. As mentioned above, computed results give considerably reasonable values of current velocities. But there is another possibility. Near the equator the Coriolis terms and the pressure terms in the equations of motion become very small and the friction terms and the inertia terms which can be neglected in other regions may become of orders comparable with them, and the equations of motion must be solved taking all these terms into account. The discussion of this case will be published latar.

Remarks

While the author was studying this problem K. Hidaka independently arrived at the same conclusions with him. And he also pointed out that Ekman's theory of the drift current can be applied to the equator without any singularlity at $\varphi=0$. The detailed discussions are now in press.

Acknowledgement

The author wishes to express his sincerest thanks to Dr. K. Hidaka who gave him valuable suggestions and kindly read the manuscript before printing, and to Dr. K. Yoshida and Mr. K. Ogawa for their valuable discussions.

He also indebts to Dr. O. E. Sette of the Pacific Oceanic Fisheries Investigations who made the data of the U. S. Fish and Wildlife Service available to him.

References

Cromwell, T., R.B. Montgomery and E.D. Stroup, 1954: Equatorial Undercurrent in Pacific Ocean Revealed by New Methods. Science, **119**: 648–649.

Hydrographic Bulletin, Special Number, No. 8. 1951.

Jerlov, N. G., 1953: Studies of the Equatorial Currents in the Pacific. Tellus, **5**: 308–314.

Panofsky, H. A., 1940: Objective Weather-Map Analysis. Joun. Met., **6**: 386–392.

Reid, R. O., 1948: The Equatorial Currents of the Eastern Pacific as Maintained by the Stress of the Wind. J. M. R., **7**: 79–99.

U. S. Fish and Wildlife Service, 1954: Mid-Pacific Oceanography, Part II–IV.

Weenink, M. P. H. and P. Groen, 1952: On the Comptation of Ocean Surface Current Velocities in the Equatorial Regions from the Wind Data. Konikl. Nedrl. Akad. Weten., Proc. B. **55**: 239.

Yoshida, K., Han-Lee Mao and P. L. Horrer, 1953: Circulation in the Upper Mixed Layer of the Equatorial North Pacific. J. M. R., **12**: 99–120.

北部日本海（津軽海峡西沖周辺海域）の夏季の海況について（第2報）*

赤　川　正　臣**

On the Oceanographical Conditions of the North Japan Sea (West of the Tsugaru-Straits) in Summer (Part 2)

By

Masaomi AKAGAWA

Abstract: In this paper, the current system of the North Japan Sea (adjacent to the Tsugaru-Straits) is discussed. It was found that the currents are much influenced by the bottom topography and that in order to study the current system of the Japan Sea, drift bottle observations taken especially in the season from spring to summer when monsoon does not prevail are very useful.

§1. 緒　　言

第1報では夏季津軽海峡西沖周辺海域に現われる水塊の分布，特性等を解析したが，本報ではその海流系について地形的影響の点から論じ又海流瓶投入結果について報告する。

§2. 海　流　系

一般に日本海の海流は密度流としての性質をもち力学計算による海流速がよく実測と合うとされている。各要素の分布状態をみると 50 m 層位迄はそれらの間に稍々齟一を欠くが 50 m 以深となると平行ソレノイド場が形成されていて Bjerknes の環流理論が用いられる。今表層の擾乱として吹走流を考えた場合，Ekman の所謂摩擦深度 D は次式で与えられている。

$$D=\pi\sqrt{\frac{\mu}{\rho\omega\sin\varphi}}$$

μ：渦動粘性係数，ρ：海水密度，ω：地球自転の角速度，φ：その場所の緯度

観測結果から $D\fallingdotseq 25$ m，$\rho=1.024$, $\varphi=41°\ 30'N$ とすると $\mu\fallingdotseq 30$ と計算されるが，当季日本海としては顕著な定常風はなく大体S寄りの風力3位で表層流速は密度流速に僅か加速されるものと思われる。

日本海においては各種要素の分布から 600 m 層辺りを無流層と考えると十分なのでこれを基準面とすれば力学計算から各層の流速が求められる。これより計算された表面流速の大体の値を示すと，大体日本本土に沿つて北上してくる対馬暖流は権現崎沖で収斂するため流速はこの辺りで大きく Tsc 流域で 1.0 knot 内外，TsB 流域は 1.5 knot から 2 knot 位に達するが，それが津軽海峡西口沖の線を越えると津軽海峡流入分枝，北上分枝，西方への曲流分枝等に分れて発散場になつてしまうので流速が急減する結果となり北上分枝は 0.5 knot 内外で TsB 流域で 0.8 knot 位となる。又権現崎沖10浬位から海峡にかけてはC水塊との密度差と海峡に収斂流となるために非常に強勢されて 2.0 knot 以上に達する。沖合のリマン寒流域は 0.5 knot 以下と計算される。

尙実際に観測船の偏流から推して相当の流れと推察されるのに，力学計算ではそれに相応する値が得られないことがこの海域で経験されるが，この海域の流れは一般に単調でなく大小の環流を伴いがちで一方力学計算は二点間の平均速度を算出するものであるから，観測点の採り方によつては異つた流れを平均してしまつたり流れの方向に対する補正を曖昧なものにしてしまう恐れがあるわけである。又後記の様にこの海域では屢々海底地

* 1954年11月28日受理

** 函館海洋気象台，Hakodate Marine Observatory

形の影響をうけて大島，小島を時計式環流をなして迂廻するが，その様に流路が曲率をもつている場合には力学計算において曲率の影響を考えることも必要である。

摩擦のない水平運動の海流の式は定常で等圧線が同心円的曲率をもつものとすると傾度風式にならい

$$\frac{v^2_\theta}{\lambda r}+v_\theta=\pm\frac{1}{\rho\lambda}\frac{\partial p}{\partial r} \qquad (1\cdot1)$$

但し $\lambda=2\omega\sin\varphi$，r：曲率半径

今時計式環流を考えると

$$v_\theta=\frac{1}{\rho\lambda}\frac{\partial p}{\partial r}+\frac{v_\theta^2}{\lambda r} \qquad (1\cdot2)$$

となる。

この式で圧力傾度 $\partial p/\partial r$ の代りに等位面傾斜 $\partial D/\partial r$ を用いると

$$dp=\rho dD$$

より

$$\frac{1}{\rho\lambda}\frac{\partial p}{\partial r}=\frac{1}{\lambda}\frac{\partial D}{\partial r}=v \qquad (1\cdot3)$$

今二点間の距離が L でその dynamic meter の差を ΔD とすると

$$v=\frac{\Delta D}{2\omega\sin\varphi\cdot L}$$

となり，これは力量計算に求められる流速である。結局 (1.2) 式は (1.3) 式より

$$v_\theta=v+\frac{v^2_\theta}{\lambda\cdot r} \qquad (1\cdot4)$$

となる。即ち等圧線が曲率をもつ場合には実際流速 v_θ は力学計算による流速 v より $v^2_\theta/\lambda\cdot r$ だけ大きくなるわけである。当海区においては海流は等圧線に平行と見做され又定常的と仮定すると此の条件に相当するものである。$v^2_\theta/\lambda\cdot r$ がどの位のものになるかを当つてみると，この海域での観測結果では v は船の偏流などから 1～2 knot で，r はその定め方が問題となるが各種分布図から10～20 浬と考えられ φ を 41°30′N とすると計算値は (Table 1) の様になる。即ち実際の海流速が相当に大きいか又曲率半径が相当に小さくなると力学計算より求められる流速との差は無視されなくなる。

次ぎに流向であるが日本海においては平行ソレノイド場が形成されているので各種要素の分布に

Table 1. $v^2_\theta/\lambda\cdot r$ (knot)

Radius of curvature (Mile) \ Velocity (Knot)	v_θ =0.5	v_θ =1.0	v_θ =1.5	v_θ =2.0
r=10	0.07	0.29	0.65	1.16
r=20	0.04	0.15	0.32	0.58

おける等量線は流線を示すことになるし，又一般に等密度面（等 σ_t 面）は略等エントロピー面となるのでこの面上の各種等量線も流線を示すわけである。(Figs. 1, 2)

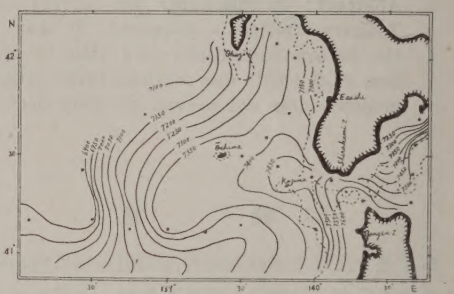


Fig. 1. Dynamic topographical chart [0 m–50 m, unit=(D-48)×10⁴] May 1950.

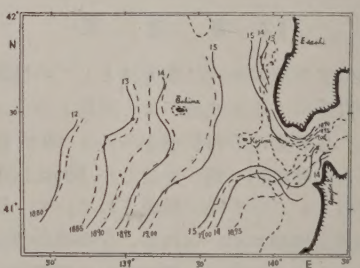


Fig. 2. Distribution of temperature and chlorinity at the surface σ_t=25.50. Sept. 1952.
——: temperature (°C), ---: chlorinity (‰)

表，中層では津軽海峡に流入する流れがあるため海峡に収斂する様な傾向を持つているが，度々述べている様にこの海域で海峡流入分枝，北上分枝，曲流分枝の三つの流れに分れるのが一般であつて，それが水塊的に又地形的に特徴づけられているのは注目される所である。即ち海峡流入分枝は対馬暖流の沿海域のもの及び大島—小島間を通るものでこの時季として Tsc，C 水塊等であり，

北上分枝は大島―小島間を抜け奥尻海峡に入るTsc水塊，曲流分枝は大島を迂廻右旋流をなし奥尻島で二分されて北上してゆくもので水塊では主にTsB水塊である。水塊の分布は季節的に変動があるので水塊的にみた流れの分岐する模様も季節変化があり秋季からは TsB 水塊が本土側に寄つてきて Tsc 水塊は弱勢となるので海峡に流入するのは TsB 水塊が主であるが，地形的には矢張り同様な影響をうけるものである。津軽海峡への流入については，その主流は北海道寄りで白神岬辺りに突入する様に流れ込むのが一般的で，又その流入角度は深さとともに減じて北上成分が大きくなつている。

中層以深は略等深線に並行な流れとなつている。Ekman の傾斜流の理論によつても緯度が高くなると海底地形の影響が非常に利いてきて深層流は概ね等深線に並行になるとされているが，そのことはこの海域にもよく適合されて大島―小島間の鞍状部を抜ける北上流，大島を迂廻する右旋流，深層における江差沖から奥尻島にかけての左旋流 (Figs. 3, 4) などはこのことを物語つている。又対馬暖流が北上してくる間の蛇行流も概ね等深線に並行となつており，朝鮮海峡を抜けた暖流が第二，第三分枝に岐れるのは鬱陵島，竹島を含めてのこの辺りの浅所のためであろうし，又佐渡ケ島からその北方の瀬の辺りにかけて流線が歪んでいるのも海底地形の影響と考えられ，これらの影響は深，底層流のみならず殆んど上層に迄及んでいる。尚海底深度と水塊との関係をみるとC水塊は大陸棚の 100 m 以浅の，Tsc 水塊は主に 200 m 以浅の海域の表層にみられることで，かゝる大陸棚の浅海性は当然沿岸水的な性質を強めるものであり，又 Tsc，TsB 両水塊の境界が小島―久六島―佐渡ケ島を連ねる線であることがみられ海底地形が流動という点ばかりでなく水塊というものにも影響を与えていることが考えられる。(Fig. 5)

Fig. 3. Distribution of σ_t at the 500 m layer. Aug. 1953.

Fig. 4. Bathymetric chart (Depth in meter)

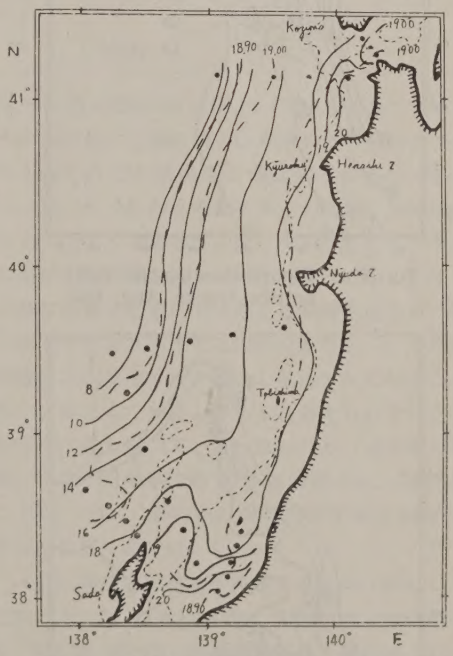


Fig. 5. Distribution of temperature and chlorinity at the 50 m layer. Aug. 1951.
——: temperature (°C), – – –: chlorinity (‰)

又海流が発散場になつている所は下層水の吸上げ作用となつて上昇流を生じ冷水域を作つている

ことが屢々みられる。例えば大島—小島の稜線の両側などは然うである。これは Plankton 分布からもこの吸上げ作用は考えられる所となつている[1]。

§2. 海流瓶投入結果による考察

1951年，1952年，1953年には海流瓶の投入を行つたがその結果は (Table 2)，及び (Fig. 6. a, b, c) に示される。海流瓶は約 300 cc の硝子瓶を用い蓋栓はゴム栓又は木栓を使つて蠟づけしたもので抵抗板はつけていない。

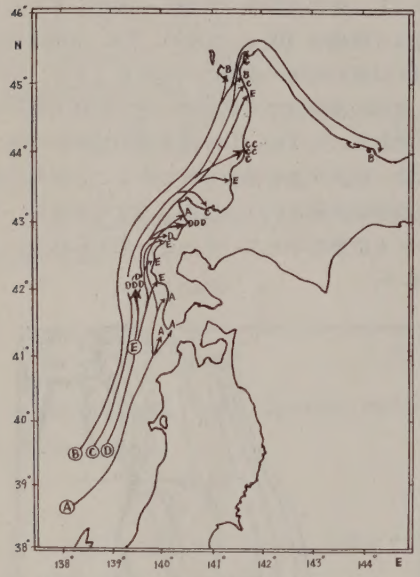


Fig. 6. a. Figure showing the drift bottles' tracks, Aug. 1951

Fig. 6. b. Figure showing the drift bottles' tracks, Aug. 1952

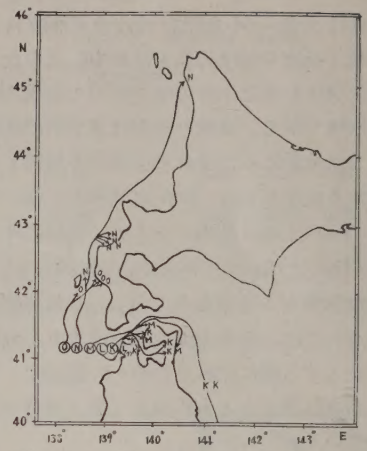


Fig. 6. c. Figure showing the drift bottles' tracks, Aug. 1953

漂流径路，漂着状況からいうと各年を通じて津軽海峡に流入しているのは沿岸寄りの点，即ち A, F, G, K, M から投入したのみで A 点からのものは白神沿岸に1本あるだけで，又それらの投入点は夫々 T_{SB}, T_{SC}, T_{SB}, C, T_{SC} 水塊上にあり海流瓶はその水塊の海水の流れによつて漂流すると考えられるから，夏季津軽海峡に流入し太平洋に抜けるものは T_{SC}, C 水塊及び T_{SB} 水塊の一部であるわけでその他は海峡に流入することなく北上していることになる。津軽海峡を抜けて陸奥湾内の海岸に漂着したのは K点からのもので沿岸系の水であり 1952, 1953 年には夫々 F, K 点から2本宛茨城県鹿島郡海岸に着いている。これらは権現崎沿海で投入されたもので C, T_{SC} 水塊上の点であるが，それらが太平洋に出てそのまゝ茨城沿海に迄南下していつたものか，又三陸沿海からは黒潮北上流に対する沿岸反流の南下流に運ばれたものか何れかであろう。1953年8月に尻矢崎東沖津軽暖流水塊内で海流瓶の投入を行つた結果にも茨城沿海に漂着したものがあり，又 1952 年 8 月第二管区海上保安本部[2]，1953年6月青森水産試験場[3]が行つた入道崎，権現崎沖での投入結果にも同様なことがみられるし，1953 年 3 月東京～釧路間の表面海洋観測結果[4]をみると福島県

Table 2. Results of drift bottle observations

Date	Station	Number of bottles casted (N_1)	Number of bottles picked up (N_2)	$N_2/N_1 \times 100$ (%)	Velocity of drifting (Knot)	Water mass
Aug. 1951	A (38°39.5′N, 138°02.5′E)	30	4	13	0.6	T_{SB}
	B (39°29.5′N, 138°14.5′E)	〃	3	10	0.5—0.6	T_{SL}
	C (39°31.5′N, 138°31.5′E)	〃	8	27	0.5—0.6	T_{SB}
	D (39°34.0′N, 138°52.0′E)	〃	8	27	0.4—0.5	T_{SB}
	E (41°09.5′N, 139°32.0′E)	〃	5	17	0.4	T_{SB}
	Total	150	28	Mean 19		
Sept. 1952	F (41°08.5′N, 140°00.5′E)	15	3	20	0.9	T_{SC}
	G (41°08.0′N, 139°45.0′E)	〃	2	13	0.9	T_{SB}
	H (41°08.2′N, 139°20.4′E)	〃	4	27	0.4	T_{SB}
	I (41°09.6′N, 138°58.3′E)	〃	9	60	0.5	T_{SL}
	J (41°11.3′N, 138°33.3′E)	〃	4	27	0.5	T_{SL}
	Total	75	22	Mean 29		
Aug. 1953	K (41°07.8′N, 140°09.0′E)	10	7	70	0.3—1.0	C
	L (41°07.4′N, 140°00.0′E)	〃	7	70	0.8	C
	M (41°07.0′N, 139°45.2′E)	〃	3	30	0.3—0.7	T_{SC}
	N (41°08.5′N, 139°27.5′E)	〃	6	60	0.5	T_{SB}
	O (41°10.0′N, 139°17.8′E)	〃	4	40	0.5—0.6	T_{SB}
	Total	50	27	Mean 54		

沿海にも津軽暖流水塊が検出される所から，津軽暖流は太平洋に出て三陸沿海に及んでからは沿岸沿いに細く南下し茨城沿海にも達するものと推察され斯様に津軽暖流の末流が可成り判つきりしたものであることは注目される所である 1953年投入の分でL点のものが青森県小泊海岸にだけ漂着しているが，これは密度分布をみると海流はL点からK点の南を通る様に波状型をなしているため海峡内に入らず小泊沿岸にだけ止つたものと考える。

次ぎに北海道西岸を北上したものは上記各点以外の B, C, D, E, H, I, J, N, O 点からのものであり，水塊的にみると T_{SB}, T_{SL} の点で沖合のもの程北方で拾得されているが沖合のものはそれだけ岸に寄せられにくいからである。1951, 1952年にはオホーツク海にも入り斜里沿岸に漂着しているが，青森県青森沖の投入結果にもそのことがみられて一部は根室海峡を通つて太平洋側の落石附近に漂着している 一般に夏季においては北上対馬暖流は宗谷海峡を抜けてオホーツク海に入つてからも可成り明瞭な流れになつているらしい

拾得率についてみる。各年の中で B, G, M, O などの点が他の地点に比べて小さくなつているが，先に述べた様に B, O のものは沖合の点であるからそれだけ漂着する機会が少いわけであろう。又 G, M のものは夫々その時期に津軽海峡に入つたものであるが，, F, K 点からのものゝ様に海峡の本州側を通り太平洋に抜けてから三陸沿岸部に漂着するものではなく襟裳岬附近迄東に張り出しそれより南下する流れであるから，その間親潮や北上黒潮分枝と衝合し拡散されて沖合に漂流してゆくものを含んでいると考えられそれだけ拾得率は悪くなつていると思われる。日本海の夏季の平均の拾得率は約30% と看做され，1951年は19% で悪く1952年は29%，1953年は54% で可成り良好であつた

一般に海流瓶の漂流を決定するものは次のものであろう。1. 海流＝密度流 (Density current)，2. 吹走流 (Drift current)，3. 風圧流 (Lee way)，4. 波による水分子の運動 (Wave motion)，5. 潮流 (Tidal current) この中 2, 3, 4 は風に支配される項であるが4は小さく5としては日本海の潮流は微弱であつて，結局日本海においては海流瓶の漂流は定常流としての密度流と

風による吹走流と風圧流とによつて左右されることになる　密度流としての海流による影響は上述した様に海流瓶の漂着或いはその拾得率などによく表われているが，風による影響をみると沖合の海水が直接海岸を洗うわけでないから，一つの海流系に乗つた海流瓶の漂着は他流系との混合や風などの作用により次第で岸に寄つてきて沿岸近くでは向岸風の吹き寄せや潮流などでどつと漂着するのではないかと思う　この点から漂着日と気象条件とを対応させてみると，1951年9月1日から3日にかけて沿海州から樺太南部を通りオホーツク海に抜けた発達した低気圧があつてその間W～SW風の吹き寄せが考えられるが，海流瓶の漂着もその頃に留萌，石狩沿岸に起つており，1952年では10月10日から12日にかけて低気圧が発達しつゝ沿海州より樺太北部を通りオホーツク海北部に抜け顕著な寒冷前線をSSWに延ばしていたので，前線通過後大陸寒気団の吹出しとなりその頃天塩沿岸に海流瓶の漂着をみている。1953年8月17日から20日にかけて同じく低気圧通過後の吹き込みがありW寄りの風となつて，その結果は18～21日にかけての久遠村や寿都町附近への漂着となつている。その他の期間はこの時季としてS～SWの弱い風で従つてそれから誘起される吹走流によつて海流瓶の漂着が大きく左右されたとは考えられない。斯様に海流瓶の漂流に及ぼす気象的影響は三ケ年とも特に異つた点があるわけでなく同じ様な条件と考えられるから各年の拾得状況を支配したのは海流によるものとなるが，この漂流範囲に亘る観測はなされておらず夫々の特異性を云々することが出来ない。併し投入点の位置的な違いを検すると，1951年は1952，1953年に比べると秋田沖とか佐渡沖の南で水塊的にみるとTSBやTSLで沖合のものであり1953年は権現崎沖50浬以内の点で沿海であり，岸に近く投入されたものはそれだけ多く漂着し拾得される可能性は大きくなるわけでそれは各年の拾得率の差になつて表われている　殊に海峡に流入するものゝ差が非常に大きく利いているが，海峡周辺で拾得されたものゝ投入点を除いてもその率は20%，38%，50%となつてその投入点の地理的条件が拾得率に利いていることがわかる。もつとも1952年8月30日から9月2日にかけて第二管区海上保安本部[5]で新潟県大島崎沖，入道崎沖で海流瓶の投入を行つているが，その時の拾得率は41%で当台の略々同時季の29%より高率であるのは9月4～5日にかけての台風メアリによる風速20 m/s近い強風の吹き寄せによるものであろうし，冬季例えば第一管区海上保安本部の1952年1月[6]，11月[7]，第二管区海上保安本部の1953年1月，3月[8]の結果では拾得率も可成りよく又その漂流径路が定常流として考えられるものから可成り違つているのは季節風の影響をうけているのであつて，季節によつては海流瓶の漂流が風によつて一番大きく左右されることになるのである

こゝで問題となるのは各年によつて投入本数が異ることであつて，投入本数の違いに対して漂流状況，拾得率の違いが有意かどうかは検討を要する問題である。常識的に投入本数が多ければ拾得率が良くなるものと考えられるが，この例では逆となつており投入点の相異も然ることながら海況そのものによる影響をうけていることが分る　例えば対馬暖流とその中海峡に入つた分枝との流量比を大雑把に見積つてみると1951，1952，1953年が夫々1：0.3，1：0.5，1：0.7位になつていた。

漂流速度は沖で拾得されたものはそのまゝを，沿岸に漂着したものはその近辺での最も早い拾得月日を用い流程は妥当と思われる径路を仮定して計算した。平均漂流速度であるから力学計算流速や船の偏流速度よりは小さくなつているが，海峡部とか対馬暖流の本幹流域が大きい値を示し又地域的には北上するにつれて稍々小さくなる傾向はみられる。

斯様に風による影響の余りない夏季においては日本海での海流瓶漂流状況はよく海流系を示すものと考えられ海流瓶が海況解析の有効な一手段たり得るものである。

たゞ過去の資料やこの時季の一般的な海況として北海道の日高沿岸や噴火湾に漂着するものがあるのであるが，この三年の観測では全然なかつたのは特異であつて，それは津軽暖流が太平洋に抜けてから大半三陸沿海に南下して日高沿海への流入が弱かつたのであろうか，その原因は判らない。

以上第2報として北部日本海の夏季の海流系について論じたが，この海域の流動は海底地形の影響をうけることが顕著であり又夏季日本海においては海流瓶の漂着状況がよく海況を示すことなどが特に記すべきことである

参 考 文 献

（1） 川原田裕，1953： 日本海のプランクトンについて，日本海洋学会誌 第9号 第2号

（2），（5） 第二管区海上保安本部水路部，1952： 昭和27年夏季海流瓶成果報告，同部水路月報 第3巻 第12号

（3） 東北海区水産研究所，1953： 昭和28年度津軽海峡を通過する資源調査概報

（4） 赤川正臣： 昭和28年3月東京釧路間表面観測結果報告（未刊）

（6） 第一管区海上保安本部水路部，1952： 海流瓶の行方，同部海象速報 第13号

（7） 同 上，1953： 27年11月末（津軽海峡西口海域）投入海流瓶の拾得報告及び漂流についての考察，同部水路速報 第20号

（8） 山下行成，1953： 昭和28年冬季の海流について，第6回日本海海洋調査技術連絡会にて発表

海水の泡沫性の研究 (第10報)*

——海水の泡沫層内における泡粒の凝結とコロイド粒子の凝結の類似性について——

阿部友三郎**

A Study on the Foaming of Sea Water (10th Report)

—On the Analogy between the Coagulation process of Colloidal Particles and that of Bubbles in Foam Layer of Sea Water—

By

Tomosaburo ABE

Abstract: The coagulation process of bubbles in the foam layer of sea water was studied and the following results were obtained.

(1) During the period when the coagulation process of bubbles is dominant, the process can fairly well be treated by analogy with that of colloidal particles (§2, ii, iii).

(2) The maximum diameters of bubbles at various times were calculated by the formula previously derived by the present author, namely $p_{(x)}=A\cdot B^{x}$, where $p_{(x)}$ is the square of its diameter, and A and B are constants (§3).

§1. 緒　　言

前報[1]において筆者は，海水の泡沫層内において，泡粒が如何なる頻度分布をするかを，簡単な統計力学を用いて求めた。斯様に理論的に計算した頻度と実験的に求めた頻度とを比較した所，両者はかなりよく一致し，この種の泡沫現象が統計力学的にかなりよく取扱えることを示した。今回は，更にこの関係を利用して各時刻において存在している最大の泡粒を求めてみた。これは，この種の泡粒の力学的性質を考察する上で重要なものと考えられ，又古くは Köhler, 最近では Woodcock[2] 等の実験で論じている雨粒等の凝結核の海塩説等に関聯しても重要なことであり，興味あることでもある。次に泡粒が泡沫層内で凝結する様相をうかがい知る一つの小さな試みとして，これまでよく研究されていたコロイド粒子凝結の理論の類推で，この泡粒の凝結を取扱つてみた所，かなりよく数量的に説明できたので，次にその概略を述べる。

* 1955 年 3 月 10 日受理

** 気象研究所海洋研究室; Oceanographic Laboratory, Meteorological Research Institute

§2. 泡沫層内における泡粒の凝結

ここに，海水の泡粒の凝結の機構を解明する手がかりを得るため，先づ第一近似として，従来よく調べられているコロイド粒子の凝結の類推で，この泡粒の凝結を取扱つてみた。

元来，泡粒相互間の凝結の起る場合を大別して，次の二通りが考えられる。その一は，海水中に分散されている泡粒相互に起る場合であり，その二は，これ等泡粒が海面上に集積された所謂，泡沫層内に起る場合である（この外に，精しく云えば，その中間の場合として，両相の境界で起る場合が考えられる）。以上の内，コロイド粒子の凝結の理論の類推は前者の場合の方に比較的よく適合できるであろうが，筆者は現在これに関した資料を全然持つておらぬので，将来の問題として残し，後者の場合だけを論じて行く。後者の場合，即ち泡沫層内での泡粒の凝結では，泡粒は時間と共に，互に凝結して成長して行き（初期，中期），果ては終に破裂して消滅して了う（末期）。

従つて，この初期，中期ではコロイド粒子凝結の類推の問題として取扱える可能性はあるが，少

くとも末期は除外しなくてはならない*。勿論，厳密に言えば，この三期間，多少の差はあれ，泡粒の破裂は起つているが，単位時間に起る凝結回数に対する破裂回数の割合は末期に近づくにつれ大になる。換言すれば，初期，中期では破裂して，泡粒の消滅する数量より，凝結して数量の減ずる数量の方が多いのである。即ち破裂の影響が比較的少ないと考えられる

i)　コロイド粒子の凝結

先づ，コロイド粒子の凝結の理論の内，筆者の問題に関聯する部分を次に概観してみる(3)(4)。

コロイド粒子の凝結の問題を最初に定量的に取扱つたのは Zsigmondy である。彼は金ゾルに電解質を作用させた実験の結果，この凝結には機構上二通りの型があることを認めた。その一は，速い凝結で，加える電解質の濃度に凝結速度が無関係の場合であり，これは，存在する粒子の電荷は完全にか，又は殆んど完全に放電しておると考えた。この仮定のもとに Smoluchowski(3)(4) はこの速い凝結を数学的に美しく理論づけた。即ちこの凝結は粒子同志の衝突の Probability によるとし，衝突すると粒子はその Capillary forces により，完全に結合して了うものとした。換言すれば粒子に作用球を考えて，この球内に他粒子の中心が入ると，直ちに合体が起るとした。実験によると，この作用球の半径は粒子半径の約2倍であつた。彼はこの凝結の過程を拡散の型の微分方程式として解き，次の結果を得た。併し，凝結が起る原因については全く触れていない。今，粒子の数，凝結速度恒数，時間を夫々 n, k', t とすれば（但し n の指数 1, 2…… は単粒子数，2 個結合粒子数等を表わす），

$$n_1=\frac{n_0}{(1+k'n_0t)^2}\left[\equiv\frac{n_0}{(1+t/\theta)^2}\ \text{とおく}\right]$$

$$n_2=\frac{n_0}{(1+k'n_0t)^3}\left[\equiv\frac{n_0\cdot t/\theta}{(1+t/\theta)^3}\ \text{とおく}\right]$$

$$\vdots$$

* もともと，コロイド粒子の凝結では，粒子は次第に結合して大きくなつて行くが，その質量は保存されている。これに反し，泡粒の場合では，末期で破裂が起り消滅して了うので，質量は保存されない。

一般に

$$n_j=\frac{n_0\cdot(k'n_0t)^{j-1}}{(1+k'n_0t)^{j+1}}\left[\equiv\frac{n_0(t/\theta)^{j-1}}{(1+t/\theta)^{j+1}}\right]\qquad(1)$$

又，全体の個数 $\sum_{j=1}^{\infty}n_j$ は次の如くなる。

$$\sum_{j=1}^{\infty}n_j=n_1+n_2+\cdots\cdots+n_j+\cdots\cdots\qquad(2)$$

これは，公比を $\frac{k'n_0t}{1+k'n_0t}<1$ とする無限等比級数であり，この級数は $j\to\infty$ で収斂する。

従つて

$$\sum_{j=1}^{\infty}n_j=\frac{n_0}{(1+k'n_0t)^2}\cdot\frac{1}{1-\frac{k'n_0t}{1+k'n_0t}}$$

$$=\frac{n_0}{1+k'n_0t}\equiv\frac{n_0}{1+t/\theta}\qquad(3)$$

以上が Smoluchowski の理論の概要であり，諸家の実験結果もよくこの理論で説明できる。

ii)　泡粒の凝結過程へコロイド凝結理論の類推

次に，筆者は以上の結果を形式上同様な類推で，泡粒凝結を考えてみる。

さて，(3) 式より

$$\frac{1}{\sum n}=\frac{1}{n_0}+k't\qquad(4)$$

コロイド粒子の凝結の類推を行い得るか否かの判定のため，これまでの実験結果(Table 1, 14.42‰ Cl, 14°C の海水の場合を掲げる)を用いて，(4)式が成立つか否かを調べてみる (Table 2)。この $1/\sum n$ と t との関係を図示すると Fig. 1 の如くなり，両者はかなりよい linear の関係にあり，コロイド凝結の類推を，泡粒の場合に行うことが大体可能であることがわかる。併し，末期では泡粒の数が極めて少くて linearity は悪くなる傾向にあるが（特に 5°C の場合に甚だしい），これは既に議論したことにより明瞭である。次に，頻度分布を考察してみる。これまで度々述べた頻度 p_j は次の如く書ける。

$$p_j=\frac{n_j}{\sum_{j=1}^{\infty}n_j}\qquad(5)$$

従つて，(1) と (3) 式とより

$$p_j=\frac{n_0(k'n_0t)^{j-1}}{(1+k'n_0t)^{j-1}}\div\frac{n_0}{1+k'n_0t}$$

$$=\frac{(k'n_0t)^{j-1}}{(1+k'n_0t)^j}\qquad(6)$$

Table 1. Changes of Frequencies of Various Sizes of Bubbles
(Sea Water: 14.42‰ Cl, 14°C)

Time (sec)	Range of dia. (mm×10⁻¹) median	0~2 1	2~4 3	4~6 5	6~8 7	8~10 9	10~12 11	12~14 13	14~16 15	16~18 17	18~20 19	20~22 21	22~24 23	Total
2	number	33	82	38	39	9	4	—	—	3	—	—	—	208
	%	34.6	55.7	32.7	41.0	24.3	14.8	—	—	—	—	—	—	—
4	number	17	23	21	18	7	5	—	3	—	2	2	—	98
	%	17.3	15.6	18.1	18.9	18.9	18.5	—	—	—	—	—	—	—
6	number	15	15	23	8	6	7	—	2	1	—	1	1	78
	%	15.1	10.2	19.8	8.4	16.2	25.8	—	—	—	—	—	—	—
8	number	20	12	14	15	5	7	1	2	—	—	—	1	77
	%	20.4	8.16	12.1	15.8	13.5	25.8	—	—	—	—	—	—	—
10	number	5	9	15	8	6	3	2	1	4	1	—	—	54
	%	5.1	6.12	12.9	8.4	16.2	11.1	—	—	—	—	—	—	—
12	number	8	6	5	7	4	1	2	—	3	—	—	—	37
	%	8.16	4.08	4.31	7.35	10.8	3.7	—	—	—	—	—	—	—
Total	number	98	145	116	95	37	27	5	8	11	3	3	2	
	%	100.86	99.8	99.91	99.85	99.9	69.7	—	—	—	—	—	—	

Note: Except the case of time 14 sec.

Table 2. Changes of the numbers of bubbles
(Sea Water: 14.42‰ Cl)

Temp. °C	14		5	
Time /sec	$\sum n$	$(\sum n)^{-1}$	$\sum n$	$(\sum n)^{-1}$
2	208	48.1×10^{-4}	160	62.5×10^{-4}
4	98	102 〃	117	85.5 〃
6	78	128 〃	69	145 〃
8	77	130 〃	68	147 〃
10	54	185 〃	49	204 〃
12	37	270 〃	39	256 〃
14	37	270 〃	28	357 〃
16	—	—	23	435 〃
n_0k'	1.86		4.18	
θ	0.538		0.239	

where n_0: number of bubbles at initial,
k': velocity constant,
θ: specific coagulation time

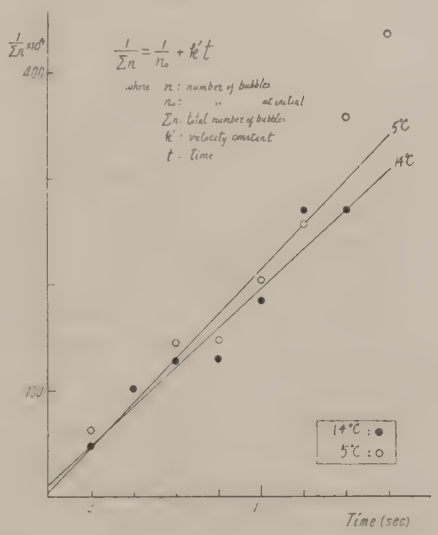


Fig. 1. Changes of the number of bubbles

ここで，p_j の変動を考えるのであるが，その代りに，便宜上，この逆数 $1/p_j$ の変動を考えてみる。

即ち

$$\frac{1}{p_j}=\frac{(1+k'n_0t)^j}{(k'n_0t)^{j-1}}=\frac{(1+t/\theta)^j}{(t/\theta)^{j-1}}$$

$$=\frac{(1+t/\theta)^{j-1}\cdot(1+t/\theta)}{(t/\theta)^{j-1}}=\left(\frac{\theta}{t}+1\right)^{j-1}\cdot\left(1+\frac{t}{\theta}\right)$$

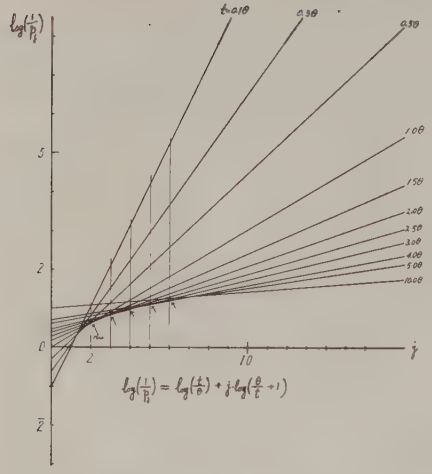


Fig. 2. "Nomograph"

両辺の対数をとり

$$\log\left(\frac{1}{p_j}\right)=\log\left(1+\frac{t}{\theta}\right)+(j-1)\log\left(\frac{\theta}{t}+1\right)$$

$$=\log\left(1+\frac{t}{\theta}\right)-\log\left(\frac{\theta}{t}+1\right)+j\cdot\log\left(\frac{\theta}{t}+1\right)$$

$$=\log\left(\frac{t}{\theta}\right)+j\cdot\log\left(\frac{\theta}{t}+1\right) \qquad (7)$$

即ち

$$\log\left(\frac{1}{p_j}\right)=\log\left(\frac{t}{\theta}\right)+j\cdot\log\left(\frac{\theta}{t}+1\right) \quad (8)$$

従つて，$\log(1/p_j)$ は j と linear の関係にある。この関係を利用して，$\log(1/p_j)$ と j との Nomograph を作つておけば (Fig. 2)，理論的に頻度分布は容易に求めることができる (Fig. 3 に，これより求めた $j=2,4,6$ の場合を掲げておく)，而して，$\log(1/p_j)$ が極値（この場合は極小値）をとる条件を求めてみる，

$$\frac{\partial\log(1/p_j)}{\partial t}=\left[\frac{1}{t}-j\cdot\frac{\theta}{t(\theta+t)}\right]\cdot\log_{10}e$$

$$=\frac{t-\theta(j-1)}{t(\theta+t)}\cdot\log_{10}e$$

従つて $t-\theta(j-1)=0$ 即ち $t=(j-1)\cdot\theta$ (9)

(9) 式を満足させる時刻で $\log(1/p_j)$ は極小となる。或は p_i は最大となる (Figs. 2, 3 参照，矢印で極大の位置を示す)。

次に，最小の粒子の場合 ($j=2$) につき，実験の最小の場合 (median dia. で 0.1 mm) との比較を行つてみる

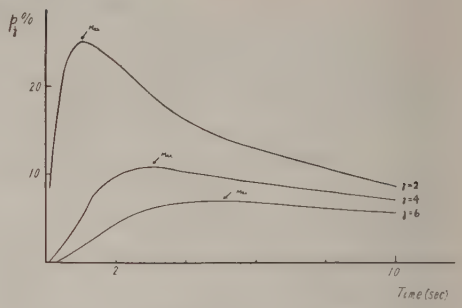


Fig. 3. Changes of the frequencies of colloidal particles

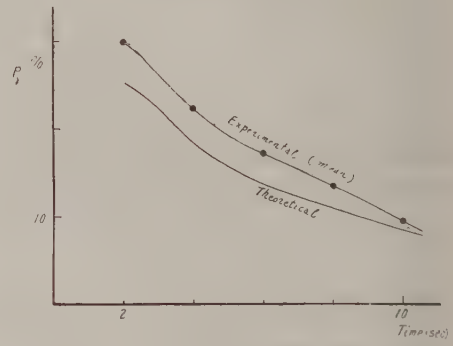


Fig. 4. Comparision of Theretical and Experimental values

Nomograph から求めた頻度と時間との図上 (Fig. 4) に，実験値から求めたその平均値を重ねて図示してみる。

両者の時間的変化の傾向をみると，末期を除けば (8, 9 秒以後)，両者間には，かなりよい平行性が明かに認められる。ここで，実験値が理論値より常に大である，これは多分次の理由によるのであろう。即ち理論値が無限個数を取扱つているに反し，実験値は有限個の泡粒だけを取扱つていること，実験値を測定する場合泡粒大きさの範囲のきり方が不適当であることなぞをあげることができる。

iii) 考 察

さて，泡沫の示す種々な現象について，これまで筆者の観察，実験及び Foulk[5] 等の研究等からも，泡粒には弾性を考えることができる。適当な条件で，泡粒同志が衝突又は接触した場合だけ，

合体，凝結を起すと考えられる(精しい機構は，わかっていない)．従つて，凝結を起すにも多少の時間を必要とするわけであり，この時間は泡粒の大きさと温度との函数と考えられる。このため，泡粒は積み重ねられ所謂，泡沫層をなしている(文献(1)に掲げた写真版を参照されたい。大体，大きさの等しい泡粒は海面上等しい高さに存在する)。この層内で，泡粒同志は互に薄膜で隔離されており，この薄膜は，その内蔵する気体により圧力を受け，又それ自身と他泡粒により表面張力及び粘性による力等を受けている。この隔膜内では，その溶質粒子はミクロに見て Brown 運動を温度と共に活潑化する形式で，盛んに行つているであろう。何等かの原因で，偶然条件が整うと隔膜は破れ，二泡粒は合体凝結するであろう。このことは Smolchowski の作用球内に他粒子が入り込んだとき凝結に相当するものと形式的に考えてよかろう。将来この機構を考えて行きたい。

§3. 最大の泡粒

海水の泡沫層内で泡粒が如何程の大きさまでなり得るかと云うことを実験的に求めておくのは，泡粒の力学的耐高を問題にする上からも，水滴気等の凝結核の問題に関聯しても重要なことであり，興味あることでもあるので，前報告の結果が常に成立つと仮定して{x を(泡粒の大きさ)^{g}に比例する量，その頻度を $p(x)$，A，B を常数とするとき，$p(x)=A\cdot B^x$ の関係がある} 種々なる時刻に存在する最大の泡粒直径 d_{max} を求めた。但し $p(x)$ が 0.1%になる場合，即ち 1000 個の泡粒を取り出したとき，その内に 1 個存在する場合をもつて d_{max} を求めた。結果は Table 3, Fig. 5 に示す如く平均直径 $\bar{d}$ も d_{max} も共に時間と共に増大して行くことがわかる。併し，d の増大の割合は比較的小さく，中期辺で速かに一定の値に到達して了う。これに反し，d_{max} は増大の割合も比較的大きく末期まで(即ち破裂するまで)増大し続け，常に d_{max} は $\bar{d}$ の約 3 倍以上の大きさがある。破裂時では約 4 倍にも達している。この辺の解析は後報で取扱いたい。

§4. 結　　語

以上，海水の泡沫層内において，泡粒相互が作用し合つて，凝結して行く過程を考察した。その結果

(1) 泡粒の凝結の機構を明かにする第一歩として，この凝結過程をコロイド粒子の凝結過程の類推で取扱つてみた所，凝結の盛んに行われる時期(初期，中期)では比較的よく取扱えることがわかつた。(§2, ii, iii)

(2) 泡粒の最大の大きさを実験的に求めてみた。多少，その様相を考察した。(§3)

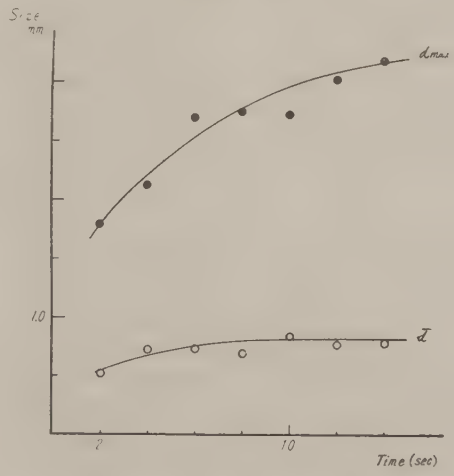


Fig. 5. Changes of the maximum dia. (d_{max}) and mean dia. ($\bar{d}$) of bubbles

Table 3. Calculated values of the max. dia. (d_{max}) and the mean dia. (d)
(Sea Water : 14.42‰ Cl)

Temp. (°C)	Time (sec)	2	4	6	8	10	12	14	16
14	d_{max} (mm)	1.79	2.12	2.71	2.74	2.72	3.07	3.17	—
	$\bar{d}$ "	0.52	0.72	0.73	0.69	0.84	0.77	0.78	—
5	d_{max} (mm)	1.58	2.27	2.44	2.56	2.72	2.69	2.99	2.95
	$\bar{d}$ "	0.45	0.64	0.74	0.76	0.84	0.90	0.98	0.89

終りに，本研究を行うにあたり，終始御懇篤なる御指導と御激励を賜つた当所海洋研究室長中野猿人先生に深尽な感謝を捧げる。尚，数年前この一連の研究を始める様御勧め下さつた当所地球化学研究室長三宅泰雄先生，絶えず有益な御討論と御激励を頂いた東京大学教授坪井忠二先生，東京水産大学教授宇田道隆先生，並に京都大学教授速水頌一郎先生に厚く御礼申上げる。

参考文献

(1) Abe, T.: Papers. Met. Geophys. (1955), **V**, 240
(2) Woodcock, A.H. et al.: Nature, (1953) **172**, 1144, or Tellus, (1954) **6**, 1
(3) Smoluchowsky, V.M.: Z. Phys. Chem. 1917, **92**, 129
(4) Burton, E.F: The Physical Properties of Colloidal Solution (1938)
(5) Foulk, C.W. and Miller, J.N.: Ind. Eng. Chem. (1931), 1283

Critical Studies on the Analytical Methods for Minor Chemical Constituents in Sea Water (Part 3)*

—Remarks on the Method of Estimation of Nitrate-nitrogen by Means of Reduced Strychnine Reagent—

by

Rinnosuke FUKAI**

Abstract: The method for estimation of nitrate-nitrogen by means of reduced strychnine reagent has been studied by using both Duboscq and Coleman colorimeter. Some remarks concerning specific sensitivity of reagent batches, the preparation of the reagents and procedures for color comparison have been accumulated through a number of routine determinations and summarized in the present paper.

INTRODUCTION

The quantitative estimation of nitrate-nitrogen in natural waters has been regarded as one of the most difficult problems involved in water analysis. First of all, reagents which are useful in case of fresh water are not available for sea water samples due to the retarding action of salts which occur in sea water. Since Harvey (1929)[1] applied the reduced strychnine reagent proposed by Denigès (1911)[2] to the estimation of nitrate in sea water, the reagent has generally adopted up to now by various investigators in spite of occasional propositions of critical opinions[3] about reliability of the results obtained. Throughout the period a large number of improvements on the reduction procedure have been made, including the preparation of strychnidine reagent proposed by Zwicker and Robinson (1944)[4], an improved procedure by Rochford (1947)[5], a reduction procedure by means of liquid amalgam by Matida (1951)[6] and so on. Recently, Chow and Robinson (1953)[7] has studied on the quite different ground a polarographic method for nitrate analysis in the presence of uranyl ion. However, there will be yet many chances for adopting reduced strychnine reagent for studies in the field of chemical oceanography.

Since 1950 amounts of analyses have been made in the laboratory of the author by adopting the Harvey's original method and more recently the Matida's method. Through experiences of various failures during the period, some remarks for applying the method to the actual determination have been accumulated as reported in the present paper.

EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION

1. Visual Color Comparison and the Use of Coleman's Nephocolorimeter — A Coleman's Nephocolorimeter has been in use for the recent color comparison and optical measurements in stead of a Duboscq colorimeter applied to the preceding comparison by human eyes.

In case of the visual color comparison, a safranine solution was employed as a color standard. Throughout the period for the experiments, the color of 0.002% safranine solution was defined as 100 color units for the sake of convenience.

Figs. 1 and 2 show absoption curves for safranine solutions (20, 50 and 100 color units) and for nitrate solutions developed by addition of the reagents, respectively, based upon the results obtained by the

* Contribution B No. 152 from the Tokai Regional Fisheries Reseach Laboratory, Tokyo, Japan. Received Dec. 15, 1954.

** Tokai Rigional Fisheries Research Laboratory.

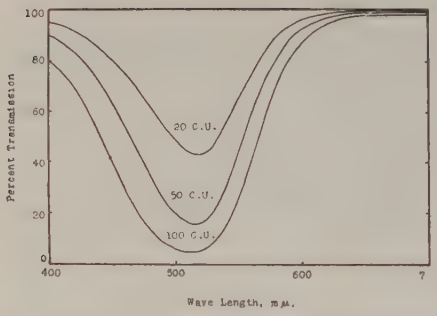


Fig. 1. Absorption curves for safranine solutions. C. U.: color units.

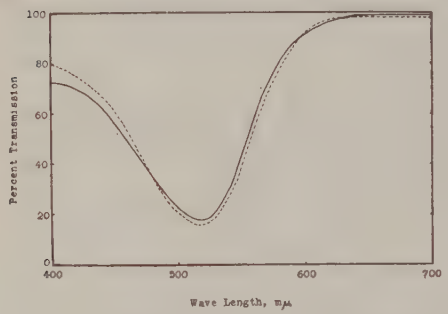


Fig. 2. Absorption curves for developed nitrate solutions (containing 50 μg. NO_3-N/l.). Solid curve: Developed by Harvey's reagent. Broken curve: Developed by Matida's reagent.

Coleman colorimeter covering wave lengths of 400–700 mμ. It is obvious from the figures that there is close agreement between types of the absorption curves for safranine and developed nitrate solutions, except that in the adjacent range to ultraviolet the type of the curve for color resulted from the addition of Harvey's reagent differs somewhat from the others. The maximum absorptions takes place at a wave length of 520 mμ.

Relationships between color units (concentration) of safranine solution and corresponding optical densities are given in Fig. 3. In the figure, as an example, have been added relationships between optical densities of developed nitrate solutions, having gradients of coloration almost as same as that of safranine solution, and corresponding concentration of nitrate. These curves are also in good agreement with each other, except some differences in the higher concentrations.

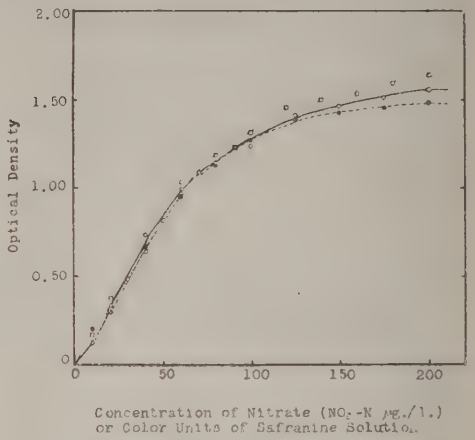


Fig. 3. Relationships between concentrations and optical densities of safranine and developed nitrate solutions. Solid curve: Developed by Harvey's reagent. Broken curve: Developed by Matida's reagent. Dotted curve: Safranine solution.

The facts that the types of the absorption curves of safranine and developed nitrate solution are similar and that the relationships between concentrations and optical densities for both solutions are also similar may suggest that *color units* defined for color comparison performed by Deboscq colorimeter and *optical densities* measured by means of Coleman's colorimeter at 520mμ are convertible each other although the meaning of each term are quite different.

Furthermore, it may be deduced from Fig. 3 that for the coloration of either safranine or nitrate solution the Beer's law is held within the range of coloration up to 70 color units, while accurate determinations cannot be made above the color units unless dilution of samples is carried out. Therefore, reagent batches having too much sensitivity are sometimes inconvenient for routine measurement.

2. Specific Sensitivities of Reagent Batches Prepared — Since safranine color units and optical densities at 520 mμ of a solution are convertible as described above,

values obtained by means of Coleman colorimeter were converted to the color units on which specific sensitivities for reagent batches were founded. In this case, "specific sensitivity" of a reagent batch was defined as the number of color units measured on the color developed when the reagent was added to a solution of 100 μg. NO_3-N/1.

Table 1 is a summary of specific sensitivities obtained for all of the reagent batches hitherto prepared.

Table 1
Sensitivity of reagents

Haruey's procedure						Matida's procedure		
Prep. No.	S	Dev.	Prev. No.	S	Dev.	Prev. No.	S	Dev.
H- 1	77	17	H-16	65	5	M- 1	156	68
H- 2	51	— 9	H-17	89	29	M- 3	70	—18
H- 3	62	2	H-18	88	28	M- 5	52	—36
H- 4	34	—26	H-19	79	19	M- 6	60	—28
H- 5	32	—28	H-20	55	— 5	M- 8	99	11
H- 7	39	—21	H 21	30	—30	M- 9	97	9
H- 8	14	—46	H-22	68	8	M-11	105	17
H-12	90	30	H 23	73	13	M-12	44	—44
H-13	87	27	H-24	46	—14	M-15	103	15
H-14	90	30	H 25	26	—34	M-16	98	10
H-15	69	9						
		Mean 60					Mean 88	

S: Specific sensitivity

As shown in the table one of the most disadvantages in reduced strychnine reagents is to have a wide range of sensitivity for reagent batches prepared, covering values of 14–90 for reagents prepared by Harvey's procedure and 44–156 for those by Matida's procedure. However, the mean specific sensitivities of reagents prepared by Harvey's and Matida's procedures are 60 and 88, respectively, standing comparison with those obtained by previous authors as shown in Table 2. Especially, the reagents prepared through Matida's reduction procedure using liquid amalgam has had excellency being match for the strychnidine reagent of Zwicker and Robinson prepared by electric reduction.

Although unavoidable fluctuations of the specific sensitivities in adopting both procedures have revealed no cause, the author

Table 2
Mean sensitivities obtained by various investigators

Authoiry	Procedure Adopted	Mean specific sensitivity
Cooper (1932)[8]	Harvey's procedure	31— 44
Zwicker and Robinson (1944)	Strychnidine reagent	90—100
Rochford (1947)	Modified Harvey's proc.	80—160
Fukai (1954)	Harvey's proc.	60
	Matida's proc.	88

has found that when liquid amalgam was applied to the preparation of reagents, their sensitivities much lowered during the repeated reduction processes due to falling in reduction power of liquid amalgam, unless fresh zinc was replenished. Consequently, the fresh supply of zinc should be recommended for every ten operations of the reduction procedure.

The selection of sulfuric acid used for the preparation of the reagents has decisive importance as repeatedly pointed out by previous authors. Since the quality of sulfuric acid varies depending not only on every maker but also on the different preparation batches from the same maker, it

Table 3
Reproducibility of reagents

Batch No.	H-24				M-16			
Conc.	50 μg		100 μg		50 μg		100 μg	
Series No.	C.U.	Dev.	C.U.	Dev.	C.U.	Cev.	C.U.	Dev.
1	24	0	51	0	54	0	110	13
2	25	1	52	1	51	—3	80	—17
3	26	2	51	0	51	—3	91	— 6
4	23	—1	53	2	53	—1	100	3
5	22	—2	56	5	53	—1	100	3
6	26	2			56	2	98	1
7	27	3	46	—5	62	8	100	3
8	22	—2	48	—3	53	—1		
9					57	3	94	— 3
Mean	24		51		54		97	
U^2	4		11		12		76	
Rejection limits	± 5		± 9		± 8		±22	

Unit of concentration: μg. NO_3-N/1.

would be safe to use sulfric acid after distillation.

3. Reproducibility of the Reagents — In Table 3 are given reproducibilities of reagents based upon the results obtained from different dates of analyses. It may be concluded from the table that the reproducibility of a reagent is fairly sufficient even in different conditions on different dates, so that the estimation would be made with much less errors than rejection limits illustrated here when the same conditions are followed.

4. Fading of the Developed Color—It has well known that fading of developed coloration caused by exposure to light would decidedly affect the results of the nitrate estimation. However, no quantitative result on the fading phenomena has been reported. In Fig. 4 are shown two examples

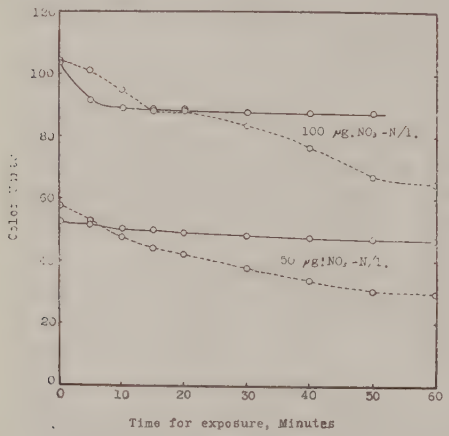


Fig. 4. Fading of developed color caused by exposure to light. Solid curves: For a relatively light condition. Broken curves: For a darkened condition.

from a number of experimental results obtained when developed color of samples was exposed to diffused light in a room. One of these examples stood in lighter luminosity and the other in the shade of a cutain. From the figure it may be stated that processes of the fading are so different according to conditions of light or reagent batches that a conclusive relationship between color intensities and exposure to light has not been obtained. However, on one hour exposure 10–50% falling of optical densities has occurred. Since this falling tends to occur at the beginning of the expasure, precautions should be paid when the color comparison is to be made under an open light.

In Fig. 5 the initial absorption curves for nitrate coloration are compared with those obtained after the fading started. The differences in types of the curves are evident between the initial and faded conditions.

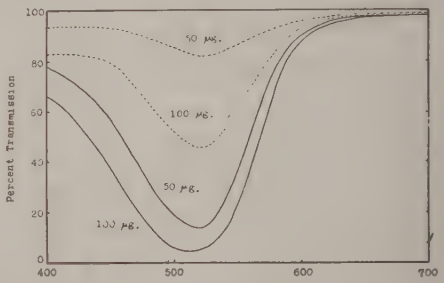


Fig. 5. Absorption curves for initial nitrate coloration and those for faded coloration. Solid curves: For initial. Broken curves: For faded.

SUMMARY

Remarks on the method for the estimation of nitrate-nitrogen by using the reduced strychnine reagent have been reported. The main points of the present discussion are as follows:

1. There has been close agreement between the types of absorption curves for safranine solution used as color standard and the developed nitrate solution.

2. The maximum absorption of these colorations took place at a wave length of 520 mμ.

3. It has been suggested that color units defind on the basis of safranine solution for visual color comporison and optical densities measured by Coleman colorimeter at 520 mμ are convertible each other.

4. The Beer's law for the coloration of either safranine or nitrate solution has been conformed up to 70 color units.

5. The mean specific sensitivities of reagent batches prepared by Harvey's and

Matida's procedures are 60 and 88, respectively, standing comparison with those obtained by previous authors.

6. The author has found that when liquid amalgam was applied to the reduction, sensitivity of reagents produced much lowered during repeated reduction processes unless fresh zinc was replenished.

7. It may be concluded that the reproducibility of the reagent is fairly sufficient for Studies in the field of chemical oceanography.

8. Fading of developed color tends to occur at the beginning of the exposure to light.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to express his hearty thanks to Dr. Yoshihiro Matida of the Fresh Water Fisheries Institute and Dr. Zinjiro Nakai of the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory for their valuable suggestions during the course of the study. Thanks for the able assistance go to Miss S. Kojima, whose technical skill is highly appreciated.

REFERENCE

1) H. W. Harvey (1929): "Concerning method for estimating phosphates and nitrates in sea water," Rapp. et Proc.-Verb., Cons. Perm. Intern. pour l'exploration de la mer, **53**, 100.

(2) G. Denigès (1911): "Recherche rapide des nitrates et des nitrites dans les eaux à l'aide d'un nouveau réactif hydro-strychnique," Bull. Soc. Chim., **11**, 544.

(3) T. G. Thompson and M. W. Johnson (1930): "The sea water at the Puget Sound Biological Station from September, 1928 to September, 1929," Publ. Puget Sound Biol. Station, **7**, 345.

(4) B. M. G. Zwicker and R. J. Robinson (1944): "The photometric determination of nitrate in seawater with a strychnidine reagent," reagent," Jour. Mar. Res., **5**, 214.

(5) D. Rochford (1947): "The preparation and use of Harvey's reduced strychnine reagent in oceanographical chemistry," Bull. Council for Sci. and Ind. Res., No. 220.

(6) Y. Matida (1951): "New method of preparation of reduced strychnine reagent for the nitrate determination in sea water," Bull. Chem. Soc. of Japan, **24**, 254.

(7) D. T. Chow and R. J. Robinson (1953). "Polarographic determination of nitrate in sea water," Jour. Mar. Res., **12**, 1.

(8) L. H. N. Cooper (1932-33): "The determination of nitrate in the sea by means of reduced strychnine," Jour. Mar. Biol. Assoc., United Kingdom, **18**, 161.

日本海洋学会　昭和30年度年会及び総会プログラム

期　日　　4月7日～9日

場　所　　東京水産大学（品川校舎～東京都港区芝海岸通6丁目）

4月7日　9時――17時　年会及総会
8日　9時――17時　年会
9日　9時――17時　年会

懇親会　　4月8日 18時より（於東京海員会館）

第1日　4月7日（木）

9時開会
会長挨拶
年会講演

1. 戦後日本海で発見された諸礁　下村敏正（日本海区水研）
2. 1952年日本海におけるプランクトンの分布　同上
3. 1953年北方定点及C線におけるミクロプランクトンの変動　朝岡治（中央気）
4. 北方定点における植物プランクトンの季節変化（1950―1952）　鬼頭正隆，朝岡治（中央気）
5. 濾水計による Plankton-net の濾水量　西沢敬，安楽正照（北大水産）
6. 1953年における潮岬沖の珪藻プランクトン　丸茂隆三（中央気）

11時より総会

11時――11時30分　予算会計報告その他報告並に審議
11時30分――12時　学会運営に対する自由討議

年会講演
（13時30分より）

7. 舞鶴湾における動物プランクトンの季節変化について　古場賢造（神戸海洋）
8. DSL と漁場との関係（第3報）　宇田道隆（東水大）
9. [illegible]について　三好寿（東水大）
10. 環礁と汚染海水　三好右（東水大）
11. 有限振巾の表面波に関する一考察　富永政英（東京農大）
12. 穂波現象と風浪現象との Analogy　井上栄一（農技研）
13. 砕浪の Critical Steepnes について　速水頌一郎（京大防災研）
14. 進行する風系から出る風波とウネリについて　宮崎正衛（神戸海洋）
15. 神戸港の警戒潮位について　宮崎正衛，吉川清（神戸海洋）
16. 小名浜港の潮位について　関重雄（中央気）
17. [illegible]　岩田壽幸（水路部）
18. 関門海峡の潮流とその予報について（第2報）　中野猿人（気研）

第2日　4月8日（金）　9時開会

19. 海水中の溶在酸素と燐酸塩との関係　松平近義（東北大）
20. 自然水中におけるフエノール類の酸化分解について　多賀信夫（東大水産）
21. 海水の微量化学成分分析法の検討
　第4報　アンモニア態窒素の間接比色法　深井麟之助，○小島静枝（東海区水研）
22. 佐渡湾における溶在酸素の日変化　深井麟之助，杉浦健三（東海区水研）
23. 海水中における炭酸物質及び溶在酸素の関係について　三宅泰雄，猿橋勝子（気研）
24. 塩分検定用自動測定装置の研究　第2報　三宅泰雄，亀田和久（気研）
25. ビキニ環礁附近の海水の放射体化学分析の結果について　三宅泰雄，○杉浦吉雄（気研）
26. 日本近海における海水の人工放射能の分布について　三宅泰雄，杉浦吉雄（気研）
27. 海水ビユレツト及ピペツトの器差とそれに関聯する諸問題について
　大久保明，吉村広三（中気），大久保勲（函館海気）
28. 海水泡沫層内における泡粒の頻度分布について（その2）　阿部友三郎（気研）

8日午後　13時より

29. 電気回路模型による海湾潮汐の考察　中村勲（長崎海洋）
30. 二層帯状海の風成海流　日高孝次（東大理）
31. 赤道を横断する断面における海流の力学計算　日高孝次（東大理）
32. 赤道附近の海流を推算する方法　土屋瑞樹（東大理）
33. 黒潮の質量輸送について　速水頌一郎，京大防災，大内正夫，京都学芸大
34. 本州東方海域の黒潮（序報）　増沢譲太郎（中央気）
35. パシサーモグラフの記録よりみた東北海区夏季の海況　川合英夫（東北水研）
36. 昭和17年の海洋観測からみた日本海，遠州灘潮岬沖の海況　参坂巌雄，渡辺隆三（水路部）
37. 海洋循環の変動（第9報——極前線の変動について）　市栄誉（中央気）
38. 北方定点における水温の短週期変動　小泉政美（気研）
39. 海水の物理的性質に関する一，二の測定　福富孝治（北大理），松村信男（室蘭工大），藤木忠実（北大理）
40. 1955年北海道紋別における海氷観測結果
（1）氷晶の観察　鈴木義男（北大低温）
（2）弾性及粘性係数の測定　田畑忠司（同上）
（3）海水中の塩素量の水平分布及時間的変化　楠宏（北大低温）
（4）海水の熱的性質に関する二，三の測定　楠宏，田畑忠司，鈴木義男（北大低温）

第3日　4月9日（土）

9時開会

41. 昭和29年度黒潮流動の観測と模型実験の比較　宇田道隆，石野誠（東水大）
42. 日本海下層冷水の消長について（第1報）　宇田道隆（東水大）
43. 波浪計に用いるスローリークの理論　渡辺貫太郎（中央気象台）
44. GEKによる海流の電流密度の測定　渡辺貫太郎（同上）
45. 海流の構造（第2報）——電気的解析器について——　南日俊夫，降旗常雄（気研）
46. 連結可能な簡易小型流速計　岩宮政雄（鶴見精機）
47. 北洋の海況（その1）　渡辺信雄（東海区水研）
48. 備後灘，燧灘の海況　波部忠重，布施眞一郎，三浦泰蔵，奥野良之助（東大理，動物）
49. 舞鶴湾における微細温度測定について（第1報）　二谷顕男（海上保安学校）
50. 日本近海の各層水温図　福岡二郎（中央気）
51. 海洋力学に関する二，三の問題　吉田耕造（東大理）

年 会 講 演

13 時 よ り

52. 北鮮鮭鱒漁場における 1953 年度及び 1954 年度の海洋観測について
三島清吉，西沢 敏，小藤英登（北 大 水 産）

53. 桂城湾底質の粒度分布について　深井麟之助，○山崎精一（東海区水研）

54. 底質分布と海潮流との関係について　小 向 良 七（水 路 部）

55. 大和川川口の底質と流との関係について　市栄 誉（中央気），市原 実（大阪市立大理工学部）

56. 伊豆諸島附近の漁礁の底質　新 野 弘（東 水 大）

57. 濁度の測定について　福田雅明，井上直一（北 大 水 産）

58. 海水の濁りに関する研究
（1） 第7報——散乱光による測定について　菱田耕造，本多良雄（舞 鶴 海 洋）
（2） 第8報——散乱光の方向性について　同　上

59. 太陽光線の海中における角分布について
佐々木忠義（東水大，科研），渡辺精一，大柴五八郎，岡見登（科研）

60. 黒潮流域の光学的性質について（第1報）　同　上

尚4月8日 18 時より東京海員会館で懇親会を催した。

総会決定事項：

（1） 昭和 30 年度予算

日本海洋学会 昭和 30 年度予算は総会で評議員会一任ときまり昭和 30 年5月の評議員会で次の通りきまつた。

収入		支出	
前年度繰越	74,899 円	出版費10巻,3,4 号分	200,000 円(2 冊)
30年度会費収入	140,000	〃 11巻1号～4号	320,000 (4 冊)
未納会費	100,000	事務費	60,000
賛助会費	20,000	学会誌発送費	30,000
広告料	96,000	通信費	16,000
既刊誌売却	5,000	文具費	5,000
寄附金	61,715	交通費	3,000
文部省補助	100,000	会合費	3,000
借入金	50,386	大会費	10,000
	（観測指針より）	地物連合費	1,000
計	648,000	計	648,000

（2） 新評議員

[illegible] 日高孝次，宇田道隆，中野猿人，須田皖次，吉田耕造，三宅泰雄，新野 弘，市栄 誉，渡辺信雄，
中井猛之，[illegible]，藤井義之，佐々木忠義，松江吉行，小泉政美，[illegible]，樺山義夫，小久保清治，
南日俊夫，末広恭雄，増沢譲太郎，丸茂隆三，深井麟之助（以上 23 名）

[illegible] 竹[illegible]，[illegible]，松下康男，菱田耕造，木村喜之助，[illegible]，吉田一彦，松下正義，
下村敏正，菅原 健，宮地伝三郎，花岡 資，辻田時美，相川広秋，元田 茂（以上 15 名）

（3） 各分担委員は4月 15 日評議員会に於て次の如く決定した。

[illegible] 吉田耕造，南日俊夫，[illegible]，深井麟之助
会 計　新野 弘，福岡二郎，
[illegible]　佐々木忠義，松江吉行，
[illegible]　中野猿人，小泉政美，市栄 誉，丸茂隆三，新野 弘，深井麟之助
[illegible]

4 [illegible] 5月 24 日 大 吉田耕造，市栄誉，[illegible]

その結果次の通り

会 長（1 名） 日 高 孝 次（25 票）（次点 須田2票）
副会長（4 名） 須 田 皖 次（15 票） 宇 田 道 隆（13 票）（次点 三宅泰雄9票） 以 上

第5回水産生物環境シンポジアム

昭和30年4月6日午后1時半，日本海洋学会と日本水産学会の共催により，東京水産大学品川校舎で開かれた「海洋生物の異常繁殖と環境の関係」の主題を中心とする本集談会の模様を報告する。開会のはじめ宇田道隆氏挨拶後，座長松平康雄氏，如尾秀夫氏，元田茂氏にて司会。

（1） 元田茂氏（北大水産）：プランクトン調査は多数の海流概況流調査と同じ意味で大切で，プランクトン図を作る必要がある。これまでのプランクトン研究史と現状を略述，海況指標としての暖寒流性のプランクトン（多く植物性）深層指標（動物性）を報告した。分布の均等性，昼夜の移動性，水塊混合型につきのべ正確な適当指標を選択すべきことを注意した。

（2） 辻田時美氏（西海水研）：赤潮と生物の異常繁殖の関係を豊富な資料により論じた。大ていヒデリの後雨降るとプランクトン繁殖をみるが，渦流のような独立水塊（例：大村湾）に特によく現はれることから「移流」がその発生に大きな因子になる。有明海のように潮流激甚では栄養塩豊富でも赤潮にならぬ。群生長曲線と水塊変化，懸濁物，毒物発生との関係ものべた。「白ケジオ」(1949年8・9月及び1953年五島灘でトリコデスミウイ，1949年1月の大村湾でリーゾソレニアスチリフオルミス）をも報告する討論はすこぶる活ばつで丸茂氏　シオメのような集積による赤潮），服部氏（昭和29年10月清水港の赤潮），新崎氏（赤潮が暴風で消滅すること，白ケジオにトリコデスミウムの疑問　松江氏，岡田弥一郎氏（Gimodium 夜繁殖，日中暗室でもふえる），渡辺氏（海面で赤潮生物急増するエネルギー，日射および気象変動との関係　あり）。

（3） 小牧勇蔵氏（東大水産）：日本海の「ヲキアミ」についての聴取調査報告。昭和20～29年の間，同22～24年に多く，27～29年少なかつた。南方で早く少く昭25～26年より少くなり，北では27，28年。浮上期は年々変化大，浮上は12月～6月に亘るが，大体初春～晩春で五島灘～但馬2・3・4月，若狭湾3・4月，青森4～10月と北ほどおくれる。昭22-24・25年早かつたが，昭26～29年おそかつた。早く浮上した年は量も多いがおそい年は量も少ない。適水温は10°～13°～15°Cとみられる。東北・若狭方面は「大雪年アミ浮上多し」南方海区「好天年にアミ浮上多し」と伝承される。(討論…宇田氏，アミと下層冷水帯の関係)。

（4） 松平近義氏（東北大水産）：水質と珪藻異常増殖関係をのべる。低分子有機物増養，最近アミノ酸，水酸基有機物一微量金属と結びつき，はたらき調節される。その状態により増殖効果促励さる。触媒活性，このような研究を女川湾で行い得られた結果を報告。新崎氏討論。

（5） 滝庸氏（国立科学博物館）：1897－1951年間の貝類の大発生記録を列記した。(イタヤガイ，ホトトギス，アサリ，ハマグリ，アヅマニシキ，ウチムラサキ，モスソガイ等)昭和24年春初め浦安で約50年ぶりにConvoluta大発生し海水緑変，その下方のアサリ，ハマグリ大斃死した。大発生は(i)最適条件の出そろう時，(ii)最小法則のみたされたとき，(iii)天敵のいない時，(iv)食餌の多い時に起る。水温・プラントンの連続調査が必要。介殻虫，ヒツキ虫，樺太野鼠，バツタの大発生（11年周期・寡雨年）についてものべ偶周期性と乱獲間引による回復年の関係ものべた。討論は盛んで，吉田忠氏　下関水講　がバカガイ，トリガイ，ハイガイ，発生の周期性について，(北大)室蘭4-5年前北寄貝大発生し，2-3年前より減つて来て，厚さ1cm位死貝堆積。昭和23年イタヤ介大発生したが線虫寄生，タコにくわれた。(広島水試)内海ニシ，イカ・タコの大発生の例と雨量との関係報告。

（6） 新崎盛敏氏（東大水産）：藻類について，三河湾伊川津で1昨年15号台風あり昨年カワツルモ・エビモ大発生。伊勢湾知多半島西岸冬季北西季節風でヒトエグサ打ちあげられ被害なくなるがその年なかつた。昨年・1昨年東京湾・伊勢湾ノリ不作。東京湾浦安1昨年11月以降水温高過ぎ無風の日続いた。又潮高が20-40 cmも潮汐表とちがつた気象潮を示した。討論…伊藤氏（三重大）志摩半島で13号台風后ワカメ・ヒロメ少くなつた。

（7） 久保伊津男氏（東水大）：エビ・カニ類について。異常生物繁殖の一般論と研究の大要を概説し，内海，内湾，朝鮮海等での実例をのべた。イセエビの漁獲高につきShusterの周期分析を行い，顕著周期は千葉県8年13年，神奈川県11・12年，静岡12・13・14年，三重9，10，11年，和歌山10，11年，高知5・12年で，太陽黒点周期に近似する結果を得た。討論：宇田氏　黄海のコーライエビについて。

（8） 川名武氏（東海区水研）：稚魚類について。何年かおきにニシンの大発生がある。(1915年，1939年太陽黒点中間年。それらは不漁年に現われている。

3年ニシンの予想は樺太北海道ノトニシンなど調べてもなかなか困難。産卵后気象海況好適で，暴風日数少く，日照多く，水温高いと生残歩留りよい。

(9) 宇田道隆氏（東水大）：一般海況。カツオ，サンマ，イカ，ブリ，イワシ，マグロ等の多獲魚の資源量に及ぼす海況として，発生時とその直后の稚魚期，および産卵回游におよぼす暖寒流の影響を一般的に論じた。産卵回游を妨げ，稚魚期に打撃を与える暖寒強盛より寒流強盛に激変する時期（例へば昭和16年）が最も深刻に影響することをのべた。川名氏の討論あり。

(10) 市栄寿氏（中央気象台）：海況変動について。沿岸2ヶ月，三陸沖4ヶ月位の持続性周期がみられる。原因は冷水塊の接岸離岸とか色々考へられるが不明。潮流による変動としての Tidal flushing，拡散混合，河川水の流入，降雨増水流入，水塊運搬，工場排水の影響と汚染の拡がりなど色々考へられる。水温塩分流速の自記が必要。尚動植物プランクトン繁殖の相関現象と異常繁殖潮流による移動など広汎に亘つて論じた。

(11) 吉田陽造氏（東大海洋）：カリフオルニヤサージンと湧昇の関係につき2ヶ年研究の成果をのべた。Eddies の変化を伴つておる。湧昇弱まり，北上反流も衰退し，渦流も1949年強まつたのがその后はつきりしなくなつた。気圧配置，卓越風（北風）との関係がある。春先1日に 1m 位の湧昇流がある。thermoclineを下からおし上げる。

以上で集談会終り，宇田氏挨拶后散会（宇田道隆記）

海　洋　測　器　展　示　会

昭和30年4月3～9日。日本水産学会年会よりひきつづき日本海洋学会年会にまたがつて海洋測器の進歩向上と普及をはかる目的で関係メーカーに呼びかけその協賛を得て本展示会を東京水産大学品川校舎内に開いた。世話人として東水大の宇田道隆，新野弘，佐々木忠義の方々に当つた。6日ごろから大体陳列がそろつた。ほぼ現海洋測器の最高水準を示すものを一堂に集め得て所期の目的を達したことは甚だ喜ばしい次第で，出品者各位に厚く感謝する。大へん熱心に多数会員が観覧質問研究された。尚本会に当つて日本水産学会より非常な好意を頂き且各メーカーより学会のために多大の援助を与へられたることにより展示会のみならず学会年会の運営を大いに助けられたことを厚く感謝する。展示品目を後日の参考のために記しておく。尚会員の宇田泰雄氏より自記塩分測定装置，新野弘氏より油田底質標本の陳列を頂いた。(6)(8)は日本水産学会の展示にひきつづいておかれたもの。（大会世話人代表　宇田道隆記）

海　洋　学　会　展　示　会　出　品　一　覧　表

(1) 渡部計器製作所

(イ) 顕微鏡用恒温寒暖計　金具附箱入
(ロ) 転倒用金具
(ハ) 振動式湿度計
(ニ) 黄管 35°½ 水温計
(ホ) 井戸水用温度計
(ヘ) 被圧転倒温度計
(ト) 防圧　〃　〃
(チ) アスマン氏通風計

(2) 三洋工業 K.K.

NYF 型水域（海洋，湖沼，河川）調査要具セット
(イ) 測深錘（鉄製 1.8 kg）
(ロ) 採泥器　鉄製改行型
(ハ) 採水器 NYF 式
(ニ) 透明度板：セツキー式 鉄製
(ホ) プランクトンネツト（ミユーラーガーゼ××No. 12 使用）
(ヘ) 比重計赤沼式（比重 1010～1030，比重 1020～1030 目盛）
(ト) シリンダー（比重測定用）硝子製
(チ) 傾角度測定板
(リ) 傾角度換算表
(ヌ) 水素イオン濃度測定具
(ル) 水色計　フオーレル氏　標準製
(ヲ) ロープ（綿製 30 米）
(ワ) 水温計 −5° C～±35 C
(カ) 航走採泥器（18.8 ステンレス製）

(3) 鶴見精機工作所

(イ) 海底写真機巻上機
(ロ) High-Speed Diving Dredge
(ハ) T.S. 自記流向流速計
(ニ) T.S.—RBT 流速計 A 型（有線）
(ホ)　〃　〃　〃　B 型（無線）
(ヘ) エクマンメルツ流速計

(ト) T. S. 小型流速計連結用
(チ) T. S. 小型流速計（主として漁船用）連結用
(リ) 南日氏遠隔電接流速計
(ヌ) 蔵田氏噴泉用回転流速計
(ル) プライス電音流速計
(ヲ) T. S. 水色計
(ワ) 採泥器（スナッパー）
(カ) 〃（岩宮式）
(ヨ) 〃（丸川式）
(タ) T. S. 水平精密採水器
(レ) T. S. トーメイ採水器（温度計，比重計付）
(ソ) 北原氏B号採水器
(ツ) ナンゼン採水器
(ネ) TSI型電動捲上機2馬力
(ナ) （ステンレス ワイヤー BT用）
(ラ) TS携帯用手動測深器
(ム) 岩宮式深度計2号
(ウ) 〃 6号
(キ) 傾斜角度板（測深線深度更正表）
(ノ) TSバッシサーモメーター3型
(オ) （TS水深水温記録器）
(ク) TS水中透明度計（水中照度）30M
(ヤ) 中井氏TSプランクトンネット濾水計（ストッパー付）
(マ) TSフユース式水位計
(ケ) 水圧式自記験潮器
(フ) TSスチンプンソン型水位計
(コ) 魚TS体長測定器（鮭・鱒）
(エ) TS曳航ログ（電気式）
(テ) アスマン通風乾湿計

(4) 吉野計器製作所
(イ) 保護ケース（寒暖計）（金属，硬質，ビニール）
(ロ) 転倒温度計（防圧式，被圧式）
(ハ) 温度計
a) 北洋用 +17°C～−3°C 1/10
b) 南氷洋用 +10°C～−5°C 1/10
c) 一般用 +50°C～−25°C ⅕
d) +40°C～−10°C ⅕～1/10

(5) 海上電機 K.K.
(イ) 電気水温計
(ロ) 風向風速計
(ハ) NEC SF 202 型 魚群探知機

(6) KOSHIN-DENKI CO. LTD.
(イ) プロペラ型発電式風向風速計
(ロ) AS-100（測定範囲 2～60 m/s）
(ハ) 真風向風速計算尺

(7) 科学研究所
(イ) 海底写真機
(ロ) 電磁式海流計

(8) DAIOU-DENKI CO. LTD.
塩分検定用自動滴定装置（気研）

(9) 離合社
(イ) ナンゼン顛倒採水器
(ロ) 北原式B号中層採水器
(ハ) K.R 型中層採水器
(ニ) エクマンメルツ流速計

(10) 東興物産 K.K.
自在潜水器（アクアラング）

(11) （東京水大）新野弘：海底油田，炭田 底質標本

寄贈交換図書
(Publications Received)

自 昭和 30 年3月1日 至 昭和 30 年4月 30 日 (From: March 1, 1955 To: April 30, 1955)

【国内の部】

○気象集誌（気象学会）**33**, 1；○気象要覧（中央気）644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656；○中央気象台月報（同）昭和 18 年（1–12 月）, 28 年（6–12 月）, 29 年（1–11 月）；○験震時報（同）**18**, 1, 4, **19**, 1, 2, 3-4；○産業気象調査報告（同）**17**, 2, **18**, 1, 2；○研究時報（同）**5**, 10-12, **6**, 1–3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10–11, 12, **7**, 1；○海洋報告（同）**3**, 3, 4； 中央気象台彙報（同）**38**, 1–2, 3–4, **39**, 1；○気温報告（同）5；○*Geophysical Magazine*（同）**25**, 3–4, **26**, 1, 2；○*Oceangraphical Magazine*（同）**6**, 1, 2, 3, 4； *Results of Marine Meteorological and Oceanographical Observations*（同）12；○*Papers in Meteorology and Geophysics*（気象研）**5**, 3-4； ○ *Report of Rainmaking in Japan*（同）1； ○海象と気象（長崎海洋気）**6**, 2-4；○水道協会誌（水道協会）245, 246；○地質学会誌（日本地質学会）**61**, 713, 714； ○日本化学総覧（日本化学研究会）**29**, 2, 3, 4；○天文月報（日本天文学会）**48**, 4, 5；○農学研究所彙報（東北大）**6**, 3；○非水溶液化学研究所報告（同）**4**, 2； ○*Reports of the Institute for Agricultural Research*（同）**6**, **1**；○東京工業試験所報告（東京工試）**50**, 1, 2, 3； ○地質調査所月報（地質調査所）**6**, 1； ○日本塩学会誌（日本塩学会）**8**, **6**, **9**, **1**；○運輸技術研究所報告（運輸技術）**5**,

2, 3 ; ○*Ionospheric Data in Japan* (電波研) **7**, 1, 2 ; ○日本航空学会誌 (日本航空学会) **3**, 13, 14, 15 ; ○富士製鉄技報 (富士製鉄) **4**, 1.

【国外の部】

○*Science* (A. A. A. S.) **121**, 3135, 3136, 3137, 3138, 3139, 3140, 3141, 3142 ; ○*Journal* (Marine Biological Association of the United Kingdom, Plymouth) **34**, 1 ; ○*Kieler Meeresforschungen* (Institut für Meereskunde an der Universität Kiel) **10**, 2 ; ○*Bulletin* (Museum of Comparative Zoölogy at Harvard Colledge) **3**, 7, 10 ; ○*Breviora* (do) 24, 30 ; ○*Annual Report* (do) 1952~1953 ; ○*International Hydrographic Review* (International Hydrographic Bureau, Monaco) **31**, 2 ; ○*General Bathymetric of the Oceans* (do) N°30-Part B'III, B'IV ; ○*H. Petersson* : *The Ocean Floor* (Library of Congress, Processing Department, Washington) ; ○J. K. Wright and E. T. Platt : *Aids to Geographical Research* (do) ; ○W. G. Kendrew : *The Climates of the Continents* (do).

寄贈された発行先各位に深甚の謝意を表する。なお 6 月 15 日以降これらの図書は東大理学部地球物理学教室に置き，評議員吉田耕造が保管する。

学会誌投稿者へのお知らせ

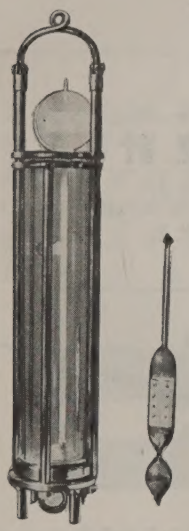
学会誌の発行が大分おくれて居りますが，Vol. 11 は本号を含めて，1955 年以内に 4 冊発行致したいと考えます。現在の所，原稿はたまって居りませんから，原稿が集まり次第，比較的順調に印刷出来る見込です。原稿をお寄せ下さい。

	締切	発刊
Vol. 11, No. 2	7 月末	8 月末
No. 3	9 月末	10 月末
No. 4	11 月末	12 月末

日本海洋学会誌編輯委員会

T.S.K. 鶴見精機

海洋調査観測用器機と航海計器



T. S トーメイ顚倒採水器
(寒暖計封入比重計付)

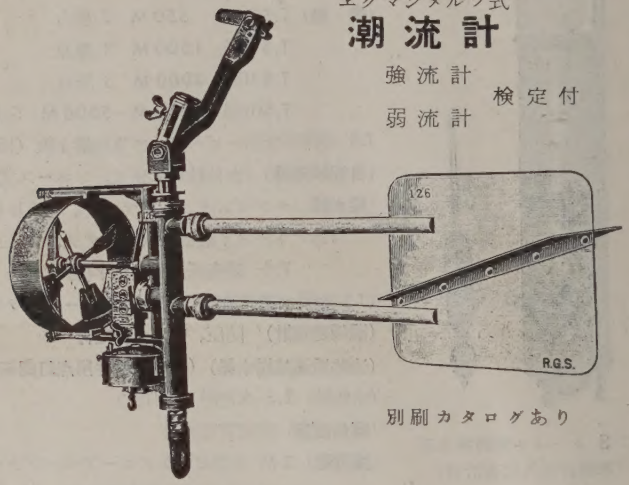
(**捲上機**) (**測深儀**) 航海用及海洋調査用。
(**手　動**) 250 M—550 M 三種アリ。
(**携帯用**) (河川、湖沼、石油井用) 200 M。T.S.O.O 型½馬力
T.S-B.T 用電動捲上機
(**電　動**) T.SO型　550 M　2 馬力
T.S I 型　1500 M　2 馬力
T.S II型　3000 M　3 馬力
T.SIII型　3000 M—5000 M　5 馬力及 10 馬力
T.S 海洋調査用ヘビータイプ電動捲上機 (15 馬力・30 馬力)
(**自記験潮器**) (**水位計**) 水圧式。フユース式。スチブンソン型。
(**採水器**) ナンゼン式。エクマン式。北原B号。ゴム二重筒表面採水器
T.S　トーメイ顚倒採水器 (プラスチック製南日、岩宮式)
T.S　精密採水器 (水平型)
(**T.S 水深水温記録計**) (**T.S. バシサーモグラフ**) 70。 150.300 M。
(**顚倒寒暖計**) 防圧、被圧、検定付
(**油井用連装採水器**) (**蔵田式噴井用点灯回転計**)
(**水色計**) T.S 水色計 (南日式)
(**傾角度盤**) 深度更正表付
(**採泥器**) 2 M 大型ピストンコーアサンプラー。ドレツヂ。
スナッパー式。岩宮式筒型。
(**プランクトン採集器**) 表層。中層用。植物プランクトン用。
元田、井上式垂直各層別採集器
中井、岩宮式曳航採集器 (濾水計、デプスレコーダー付)
中井式プランクトンネット用濾水計。
(**深度計**) 岩宮式2号、6 号。
(**流速計**) エクマンメルツ式。プライス電音式。
T.S 自記流向流速計。港研数点流速記録計。
T.S 隔測流向流速記録計。
南日式 遠隔電接流速計。
(**波高計**)
(**測程儀**) 特許 T.S 電気測程儀。舟尾測程儀。T.S サイドログ。
(**旋回窓**)
(クリヤビユースクリーン)
○(**其他の海洋調査観測機器**)
○(**T.S ステアリングスタンド。テレグラフ。其他の航海計器**)

株式会社 鶴見精機工作所

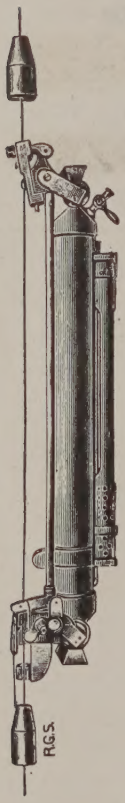
本社及工場　横浜市鶴見区鶴見町一五〇六番地　電話鶴見(5)2028番
出張所　東京都港区芝新橋二丁目三八番地　電話 芝 (43)6635番
神戸市生田区栄町通二丁目六九番地 (岸計器製作所内)　電話元町 5782番
下関市西細江町 (市民館内日本民衆産業(株)下関営業所内)　電話 0045番
函館市末広町三四番地 (株式会社本郷商店内)　電話1584番・2447番

離合社の海洋觀測器械

エクマンメルツ式
潮流計
強流計
弱流計
検定付



別刷カタログあり



ナンゼン式連結転倒採水器

転倒寒暖計

營業品目

採水器	ナンゼン式（2種）エクマン式 特許北原式B号 特許KR式 特許神谷式航走用表面採水用
採泥器	新野式 丸川式 エクマンビルゲ湖沼用（3種） 田中式 新野式ドレツヂ（特許）
プランクトンネット	北原式 丸川式 電気中層用 中井式
測深機及關係測器	手動式 ルーカス式 気象台式 湖沼用 深度計（メートルゲージ） 傾斜測定器（表付）
潮流計	エクマンメルツ式 強流弱流検定付 河川用プライス流速計

株式会社 **離合社**

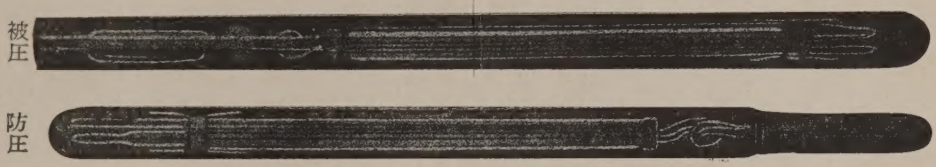
本社 東京都千代田区神田鍛冶町丸石ビル1ノ2
工場 東京・浦和
国電神田駅．都電室町3丁目下車今川橋際
電話 神田（25）0773・1513番
出張所 大阪市北区北同心町1丁目15番地

気象観測器械
海洋調査器械
顛倒温度計各種
（応需故障修理）
標準温度計各種
比重計各種

株式会社 渡部計器製作所

代表取締役 渡部七郎

東京都文京区東片町百拾四番地
電話 小石川(92)五九五四番



昭和30年6月20日印刷
昭和30年6月25日発行
日本海洋学会誌 第11巻 第1号

定価 ¥200 送料 ¥20

編集者 中野猿人

発行者 日本海洋学会
東京都文京区弥生町
東京大学理学部地球物理学教室内

印刷所 大東印刷工芸株式会社
東京都中央区新富町2ノ19

JOURNAL
of the
Oceanographical Society
of
Japan

Vol. 11 No. 1

CONTENTS

Page

On a Simple Method of Estimating the Current Velocity at the Equator.....M. Tsuchiya.....(1)

On the Oceanographical Conditions of the North Japan Sea (West of the Tsugaru-Straits) in Summer (Part 2) ... M. Akagawa.....(5)

A Study on the Foaming of Sea Water (10th Report). On the Analogy between the Coagulating Process of Colloidal Particles and that of Bubbles in Foam Layer of Sea Water .... T. Abe.....(13)

Critical Studies on the Analytical Methods for Minor Chemical Constituents in Sea Water (Part 3).—Remarks on the Method of Estimation of Nitrate-nitrogen by Means of Reduced Strychnine Reagent.....R. Fukai.....(19)

Proceedings .....(25)

June 1955

The Oceanographical Society of Japan

c/o Geophysical Institute, Tokyo University

Yayoi-cho, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan